



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

**CAROLINA SANTOS BONFIM**

**(DES)ENLACES ENTRE EDUCAÇÃO CTS E NATUREZA DA CIÊNCIA PARA  
DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS**

**BRASÍLIA  
2025**

CAROLINA SANTOS BONFIM

(DES)ENLACES ENTRE EDUCAÇÃO CTS E NATUREZA DA CIÊNCIA PARA  
DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação  
em Educação em Ciências da Universidade de  
Brasília como requisito parcial para a obtenção do  
título de Doutora em Educação em Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder

Brasília  
2025

Santos Bonfim, Carolina  
SB713d( (Des)enlaces entre educação CTS e Natureza da Ciência  
para desafios contemporâneos / Carolina Santos Bonfim;  
orientador Roseline Beatriz Strieder. -- Brasília, 2025.  
271 p.

Tese(Doutorado em Educação em Ciências) -- Universidade  
de Brasília, 2025.

1. Justiça social. 2. Negacionismo . 3. Educação  
científica . I. Strieder, Roseline Beatriz , orient. II.  
Título.

Carolina Santos Bonfim

**(DES)ENLACES ENTRE EDUCAÇÃO CTS E NATUREZA DA CIÊNCIA PARA DESAFIOS  
CONTEMPORÂNEOS**

O presente trabalho em nível de Doutorado foi avaliado e aprovado, em 31 de janeiro de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Dra. Roseline Beatriz Strieder  
Departamento de Física (UFSC)

Profa. Dra. Patrícia Fernandes Lootens Machado  
Instituto de Química (IQ/ UnB)

Prof. Dr. Ivã Gurgel  
Instituto de Física (IF/USP)

Prof. Dr. Pedro Guilherme Rocha dos Reis  
Instituto de Educação – Universidade de Lisboa

Esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutora em Educação em Ciências.

Brasília, 2025

*A Pedro, com todo o meu amor*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família e amigos pelo apoio incondicional.

À minha orientadora Rose Strieder, uma fonte de inspiração, que me guiou com muita dedicação e carinho até aqui.

À minha orientadora de vida Patrícia Lootens, por quem nutro profunda admiração e amor.

Aos professores membros da banca, Patrícia Lootens Machado, Ivã Gurgel e Pedro Reis, pelas riquíssimas contribuições desde a qualificação.

Ao PPGEduc, que me recebeu de braços abertos, principalmente durante o período de Pandemia de COVID-19, período no qual tive a satisfação de ser representante discente. Também gostaria de agradecer à Universidade de Lisboa - Instituto de Educação, pelo acolhimento durante o estágio sanduíche.

À CAPES, pela concessão das bolsas de doutorado (001) e de doutorado sanduíche (PDSE), Edital 44/2022 (23038.013644/2022-50), que possibilitaram a realização desta tese.

*Eu não sei quando será  
Mas será quando a ciência  
Estiver livre do poder  
A consciência, livre do saber  
E a paciência, morta de esperar*

(Cibernética, Gilberto Gil)

## RESUMO

O negacionismo científico, a desconfiança nas ciências e os ataques às democracias e às instituições sociais demandam o entendimento sobre a ciência e seus processos, bem como uma postura mais atuante dos indivíduos sobre suas realidades. Esse cenário tem instigado pesquisadores da educação CTS (ciência-tecnologia-sociedade) a repensarem a relação ciência-sociedade, incluindo a abordagem cada vez mais explícita de natureza da ciência (NDC). Assim, a presente tese tem como objetivo tecer aproximações entre educação CTS e NDC, considerando: (a) problematizações em torno do empreendimento científico-tecnológico, o que envolve como ele afeta e é afetado pela sociedade; (b) ações sociopolíticas em prol de uma sociedade mais justa. Ao fim, ressignificamos as articulações pré-estabelecidas, de modo a produzir novas categorias que abarcam os aprofundamentos realizados. Em termos metodológicos, o estudo abrange movimentos empíricos e teóricos. Os capítulos (1), (2) e (3) são essencialmente de base empírica. Em (1), buscamos identificar e caracterizar articulações entre educação CTS e NDC, de forma mais ampla, isto é, na ausência de um contexto específico. Delimitamos fronteiras entre as áreas, intermediadas pelas questões sociocientíficas (QSC), e com ênfase na discussão sobre a (não) neutralidade da ciência. No capítulo (2), articulações CTS-NDC foram traçadas com base no contexto específico da radioatividade. Nele, ratificamos a priorização da abordagem de aspectos não-epistêmicos e propomos um perfil parcial de aspectos de NDC que sistematiza essas conclusões. As imbricações entre CTS e NDC são reexaminadas sob as lentes do ativismo sociopolítico (ASP) em (3), que representa uma via para a atuação dos estudantes como promotores de melhorias sociais. Como resultado, são apresentados modelos sobre o ASP em práticas de ensino, desvelando sua estrutura e níveis de desenvolvimento. As contribuições delineadas a partir dos encaminhamentos empíricos ganham tração nas elocubrações teóricas dos capítulos (4) e (5), que exploram NDC e CTS, respectivamente. Em (4), nos aprofundamos na natureza da ciência a partir de um cenário negacionista (movimento antivacina). Definimos características de classificação para o negacionismo científico, além de identificar lacunas inerentes à problematização científica e tecnológica (educação CTS). O capítulo (5) reúne reflexões e contribuições relacionadas à educação (PLA)CTS a partir de dois enfoques: resolução de problemas e prática social. Nesse processo, nos apoiamos em ideias de Thomas Kuhn e Karin Knorr-Cetina. O capítulo (6) explora a justiça social (JS) no âmbito da educação CTS e da NDC. Entre as contribuições, destacamos um modelo estabelecido para articular CTS e NDC a partir de dimensões da JS. Por fim, congregamos os aportes construídos em cada capítulo e definimos elementos a serem problematizados na articulação CTS-NDC, de modo a direcionar práticas e pesquisas futuras para a formação de indivíduos que aprendam agindo.

**Palavras-chave:** Justiça Social; Negacionismo; Educação Científica.

## ABSTRACT

Scientific denialism, distrust in science, and attacks on democracies and social institutions require an understanding of science and its processes, as well as a more active stance by individuals on their realities. This scenario has prompted STS (science-technology-society) education researchers to rethink the science-society relationship, including an increasingly explicit approach to the nature of science (NOS). Thus, this thesis aims to weave connections between STS education and NOS, seeking to (a) question the scientific-technological enterprise involving how it affects and is affected by society and (b) consider this understanding and act towards a more just society. Ultimately, we re-signify the pre-established articulations, producing new categories that encompass the deepening undertaken. Methodologically, the study includes empirical and theoretical movements. Chapters (1), (2), and (3) are essentially empirical. In (1), we aim to identify and characterize articulations between STS education and NOS more broadly, that is, in the absence of a specific context. We delineate boundaries between the areas, mediated by Socioscientific Issues (SSI), emphasizing scientific (non) neutrality. In chapter (2), STS-NOS articulations are drawn based on the context of radioactivity. Here, we reaffirm the prioritization of the approach of non-epistemic aspects and propose a matrix that systematizes these conclusions. The interconnections between STS and NOS are reexamined through the lens of sociopolitical activism (SPA) in (3), which represents a pathway for students' action as promoters of social improvements. As a result, models of SPA in teaching practices are presented, unveiling their structure and levels of development. The contributions outlined from the empirical steps gain traction in the theoretical discussions of chapters (4) and (5), which explore NOS and STS, respectively. In (4), we delve into the nature of science from a denialist scenario (anti-vaccine movement). We define classification characteristics for scientific denialism besides identifying inherent gaps in scientific and technological questioning (STS education). Chapter (5) gathers reflections and contributions related to PLACTS/STS education from two perspectives: problem-solving and social practice. Chapter (6) explores social justice (JS) in STS education and NOS. Among our contributions, we highlight an established model to articulate CTS and NDC from JS dimensions. Finally, we gather each chapter's contributions and define elements to be problematized in the STS-NOS articulation, aiming to guide future practices and research for forming individuals who learn while acting.

**Keywords:** Social Justice; Denialism; Science Education.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS	<i>American Association for the Advancement of Science</i>
AC	Alfabetização Científica
AL	América Latina
ASP	Ativismo Sociopolítico
ATD	Análise Textual Discursiva
BNCC	Base Nacional Curricular Comum
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COCTS	<i>Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad</i>
CT / C&T	Ciência e Tecnologia
CTS	Ciência-Tecnologia-Sociedade
CTSA	Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FRA	<i>Family Resemblance Approach</i>
HC	História das Ciências
HFSC	História, Filosofia e Sociologia das Ciências
HPSST	<i>History and Philosophy of Science and Science Teaching</i>
JS	Justiça Social
MoCEC	Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências
NDC	Natureza da Ciência
PCT	Política Científica e Tecnológica
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
PLACTS	Pensamento Latino-americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade
QSC	Questões Sociocientíficas
SIACTS	Seminário Ibero-americano CTS
TBSL	<i>Test of Basic Scientific Literacy</i>
TD	Tomada de decisão
VMC	Valorização Moderna de Controle
VNOS	<i>Views of Nature of Science</i>
VOSTS	<i>Views of Science, Technology and Society</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica dos critérios para a definição do <i>corpus</i> .....	10
Figura 2: Relações estabelecidas entre CTS e NDC. a) NDC como parte integrante da educação CTS, b) QSC como interseção entre CTS e NDC, c) NDC como interseção entre QSC e CTS, d) QSC e NDC como parte de CTS, e) CTS e NDC como dois eixos da AC .....	20
Figura 3: Termos associados à radioatividade nos trabalhos do ENPEC .....	42
Figura 4: Expressões vinculadas à radioatividade nas dissertações analisadas .....	43
Figura 5: Rede de cientistas envolvidos na descoberta da radioatividade .....	55
Figura 6: Etapas das práticas de ativismo.....	70
Figura 7: Competências de ativismo nas iniciativas analisadas.....	73
Figura 8: Níveis de ativismo de acordo com as práticas analisadas .....	80
Figura 9: Fatores relacionados à tomada de decisão na articulação CTS-NDC .....	97
Figura 10: Disciplinas que aprimoram o conhecimento de NDC .....	107
Figura 11: A trajetória de uma afirmação científica no contexto da NDC na sociedade. Os trechos em destaque colorido correspondem a menções que propomos para o cenário negacionista .....	120
Figura 12: Post 1 no perfil do Instagram do Instituto/Fundação Butantan.....	135
Figura 13: Trecho da publicação do Facebook presente na matéria do texto 2 .....	135
Figura 14: Trecho da publicação no site SBIIm – Família (texto 3). .....	136
Figura 15: Três dimensões da justiça social, segundo Nancy Fraser .....	201
Figura 16: Aspectos vinculados à JS no âmbito da educação CTS .....	211
Figura 17: Aportes associados à educação CTS na amostra analisada .....	220
Figura 18: Dimensões da JS para o processo educacional .....	243
Figura 19: A educação científica contra o negacionismo e para a justiça social, segundo os pressupostos da educação CTS e NDC .....	244

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Trabalhos selecionados e analisados.....	11
Quadro 2: Trabalhos selecionados do ENPEC, entre 2011 e 2023 .....	36
Quadro 3: Dissertações selecionadas, ano de defesa e seus respectivos códigos ..	37
Quadro 4: Perfil de aspectos (não)epistêmicos de NDC .....	38
Quadro 5: Fatores epistêmicos da NDC na educação CTS no contexto da radioatividade.....	50
Quadro 6: Fatores não-epistêmicos de NDC presentes na amostra analisada.....	52
Quadro 7: Panorama dos aspectos da NDC nas dissertações com enfoque CTS. Os aspectos mais frequentes estão em laranja .....	56
Quadro 8: Aspectos (não)epistêmicos na interface CTS-NDC.....	57
Quadro 9: Dissertações selecionadas sobre ativismo na Didática das Ciências e seus respectivos códigos de análise. *fornecidas pelo Prof. Pedro Reis.....	60
Quadro 10: Temas, problema (ou QSC) e as formas como são abordados nas práticas de ativismo analisadas .....	66
Quadro 11: Capacidades mobilizadas nas iniciativas analisadas .....	74
Quadro 12: Categorias de descrição estrutural da NDC .....	112
Quadro 13: Classificações do negacionismo científico .....	127
Quadro 14: Informações sobre as publicações selecionadas .....	132
Quadro 15: Inventário parcial de confiabilidade na ciência .....	133
Quadro 16: Compilação das dimensões identificadas.....	137
Quadro 17: Trabalhos selecionados no ENPEC entre 2021 e 2023 .....	209
Quadro 18: Práticas de ensino via educação CTS relacionadas à justiça social ....	225
Quadro 19: Dimensões parciais emergidas da análise das práticas .....	231
Quadro 20: Dimensões da JS no contexto da NDC .....	235

## SUMÁRIO

Apresentação .....	1
Capítulo 1 – Primeiras aproximações entre educação CTS e natureza da ciência na ausência de contexto .....	9
1.1 Percurso metodológico.....	9
1.2 CTS-NDC: delimitações entre fronteiras nebulosas .....	13
1.3 CTS-NDC: mudanças de concepções de ciência e de práticas CTS .....	21
1.4 CTS-NDC: (não)neutralidade na sala de aula .....	24
1.5 O que depreendemos deste capítulo? .....	29
Capítulo 2 – Elementos da natureza da ciência na educação CTS no contexto da radioatividade.....	32
2.1 Uma abordagem dos aspectos (não)epistêmicos da natureza da ciência .....	33
2.2 Caminhos metodológicos .....	35
2.3 Radioatividade, por quê?.....	39
2.4 Quais são as temáticas associadas à radioatividade? .....	41
2.5 Quais são as estratégias de ensino? .....	44
2.6 A radioatividade na educação CTS: um enfoque na natureza da ciência .....	48
2.7 Quais as principais conclusões deste capítulo? .....	57
Capítulo 3 – O ativismo sociopolítico: perspectivas para a articulação CTS-NDC ....	59
3.1 Caminhos metodológicos .....	59
3.2 Conceito(s) de ativismo: articulando princípios para ações fundamentadas .....	61
3.3 Ação com propósito: transformando temáticas em ativismo .....	65
3.4 A força do ativismo: ressoando valores, atitudes e sentimentos .....	72
3.5 A visão da NDC propagada no contexto do ativismo sociopolítico.....	76
3.6 O que concluímos até aqui?.....	79
Capítulo 4 – Natureza da ciência: compreendendo para agir .....	82
4.1 Natureza da ciência: como tudo começou.....	82
4.2 Natureza da ciência: ideias sobre a (des)contextualização.....	86
4.3 Natureza da ciência: a tomada de decisão como um (des)propósito .....	91
4.3.1 A tomada de decisão na interface educação CTS-NDC.....	96
4.4 Natureza da ciência: das abordagens teóricas à incipiência de práticas .....	104
4.4.1 Abordagem Family Resemblance .....	111
4.4.2 Abordagem MoCEC.....	113
4.4.3 Para além da Whole Science: as fakes news e as mídias sociais.....	118

4.5 Aplicando a <i>Whole Science</i> em contexto negacionista .....	123
4.5.1 Entre o negacionismo e a desconfiança nas ciências: contribuições para o ensino de ciências.....	123
4.5.2 O que é fact-checking? .....	129
4.5.3 Delineamentos metodológicos .....	131
4.5.4 Fact-checking sobre vacinas e autismo: limites e potencialidades para o ensino da NDC .....	134
4.6 Como este capítulo amplia nosso entendimento? .....	147
Capítulo 5 – Educação CTS: repensando a atividade científico-tecnológica .....	151
5.1 Contextualizando o campo CTS: perspectiva dos países dominantes.....	151
5.2 Contextualizando o PLACTS: a perspectiva dos países dominados .....	153
5.3 Repensando a atividade científica e tecnológica: contribuições para a educação CTS.....	156
5.3.1 A atividade científica e tecnológica é pautada na resolução de problemas: a visão kuhniana.....	157
5.3.2 Em quais problemas a atividade científica e tecnológica está pautada? O PLACTS.	168
5.3.3 A resolução de problemas como uma prática social: Karin D. Knorr-Cetina e o PLACTS .....	181
5.4 O que concluímos deste capítulo? .....	192
Capítulo 6 – Seria a justiça social um propósito da articulação CTS-NDC? .....	197
6.1 Princípios da justiça social para a educação em ciências .....	198
6.2 Natureza da ciência para a justiça social .....	202
6.3 Em meio a crises e contradições: a justiça social é um propósito da educação CTS? .....	208
6.3.1 Primeiros indícios.....	210
6.3.2 Perspectivas de superação em outros aportes: um destaque para a articulação Freire-CTS.....	219
6.3.3 Frentes e enfrentamentos da educação CTS: práticas para a superação de injustiças .....	225
6.7 O que podemos inferir deste capítulo?.....	232
Capítulo 7 – Está na hora de caminharmos juntos.....	236
REFERÊNCIAS.....	245

## Apresentação

A educação científica vem enfrentando uma crise sinalizada há longa data, marcada por distintos aspectos, como a falta de interesse dos estudantes pelas carreiras de ciência e tecnologia, as concepções “ingênuas” de estudantes e professores sobre natureza da ciência (NDC) e a ausência de sentido atribuída ao conhecimento científico escolar (Matthews, 1992; Fouréz, 2003). Aliada a esses problemas, recentemente, tem recebido destaque a proliferação de uma visão acientífica da realidade, como evidenciado pela ascensão de movimentos negacionistas (antivacina, terraplanista, negacionismo climático etc.)

A popularização do conceito atual de negacionismo é atribuída ao historiador Henry Rousso, que o empregou para descrever aqueles que negavam diversas atrocidades que o regime nazista cometeu contra os judeus (Valim *et al.*, 2021). O termo passou a ser progressivamente mais utilizado no contexto diplomático, político e científico nas décadas seguintes, especialmente na literatura internacional (em inglês: *denialism*). Por exemplo, em seu ensaio intitulado “*Denialism*”, Sitze (2004) critica a posição negacionista do então presidente da África do Sul, Thabo Mbeki, perante o que definiu como pandemia de AIDS. Outra pandemia, a de COVID-19, motivou a emergência de estudos com o tema no Brasil, sendo notável o aumento de publicações sobre o tema a partir de 2020. Dentre os estudos nacionais, é frequente a associação do negacionismo a (era da) pós-verdade, fake news (Marques; Raimundo, 2021; Guimarães, 2022; Silva *et al.*, 2024) e mais recentemente a infodemia (Santini *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2023).

Por se tratar de um termo amplo que atinge vários campos de conhecimento, variadas conceituações são atribuídas ao negacionismo. Salgado (2022) apresenta alguns dos conceitos de negacionismo, como o da psicanálise, apoiada em Moretto *et al.* (2021), que o considera como de natureza política ou social que nega evidências científicas e fatos históricos para disseminar incerteza e desconhecimento. No campo da história, aponta a autora, o negacionismo histórico (negação de fatos) vem frequentemente atrelado ao revisionismo ideológico, que não se atenta ao método. Para Rollemberg e Cordeiro (2021), o negacionismo historiográfico, por outro lado, é um ponto central na história por contestar interpretações hegemônicas alicerçado no rigor metodológico.

Segundo Salgado (2022), o negacionismo científico (ou “política de alienação”) seria um instrumento do que explora a distância entre a ciência e a sociedade, simplificando a realidade. A autora indica que ele produz uma reação à autoridade científica considerada responsável por impedir a participação de certos grupos no discurso público, põe em dúvida o conhecimento científico considerado inacessível, refletindo uma “necessidade de autoproteção por meio da alienação” (Salgado, 2022, p. 93).

Com base em revisão conduzida em junho de 2022, Godulla *et al.* (2024) detectaram as áreas de filosofia, psicologia e medicina como as prevalentes em estudos (em inglês) que abordam o negacionismo, com os estudos de educação (6%) restritos a um plano de menor destaque. A revisão aponta que frequentemente as publicações não distinguem negação/negar (*denial*) e negacionismo e que áreas e temáticas específicas tendem a enfatizar determinadas características em suas conceituações. Os pontos mais comuns entre as definições são a negação/rejeição de fatos, teorias e afirmações científicas aliada a táticas retóricas que buscam conferir uma legitimidade que inexistente no debate. Godulla *et al.* (2024) concluem que o negacionismo científico seria a negação, rejeição ou uma má vontade de crer em evidências, descobertas empíricas ou consensos científicos específicos que são vistos como perigosos.

No caso dos estudos em educação em ciências, o termo pode ser definido como a negação deliberada e sistemática de conhecimentos, conceitos, teorias e consensos científicos (Vilela; Selles, 2020). Santos e Leão (2024), por exemplo, o caracterizam pela rejeição intencional ou ceticismo perante conclusões já bem estabelecidas pela ciência. Em contraste, Gomes e Zamora (2024) buscam diferenciar negacionismo de ceticismo. Eles consideram que o negacionismo é caracterizado pela negação a despeito de vastas evidências enquanto o ceticismo remete a uma descrença por falta de evidências consideradas suficientes. Para Silva *et al.* (2024), o negacionismo científico constitui um sistema de crenças que produz uma “verdade confortável”, ratificando o que seus adeptos acreditam através da negação da estrutura científica em sua totalidade, por meio de uma rede de desinformação.

Enquanto para Oliveira *et al.* (2023) o negacionismo científico corresponde à negação da ciência, na visão de Allchin (2022), não se trata disso, visto que negacionistas acreditam em ciência, porém na ciência errada, que acreditam estar ao seu lado. Sob outra ótica, Guimarães (2022) salienta que a instrumentalização política

do negacionismo científico ratifica que ele constitui uma falsificação da ciência “vendida” como se fosse ciência legítima.

Então, o que tem gerado o negacionismo? Quais seriam suas causas? Há formas de superá-lo? Quais saídas estão sendo propostas? De antemão, é preciso mencionar que o ceticismo e a falta de confiança nas ciências acompanham sua evolução. Da mesma forma, as teorias conspiracionistas existem bem antes da noção de ciência moderna, visto que acompanham a evolução humana (Barkun, 2013; Cassiani *et al.*, 2022). “Mesmo que possamos considerar que a pós-verdade não seja um movimento recente, a pandemia escancarou um mundo em que a confiança na ciência não é mais capaz de sensibilizar uma significativa parcela da sociedade” (Guerra *et al.*, 2020, p. 1017). Os tempos atuais (chamados por alguns autores de tempos da pós-verdade) se diferenciam de outros momentos da história, pois o “advento das redes sociais permite que a expressão dessas crenças atinja um maior público e, conseqüentemente, pode injetar oxigênio às brasas de ideias divergentes” (Bonfim; Garcia, 2021, p. 14), mais do que isso, às brasas de falsas ideias.

Em estudo realizado pela OCDE repercutido pela Agência Brasil, o nosso país ocupou a última posição em um grupo de 21 países quando avaliada a capacidade de identificar notícias falsas (Alves, 2024). Há uma suposta relação entre analfabetismo científico e uma maior vulnerabilidade a fake news, negacionismo e conteúdos anticientíficos. Essa relação entre analfabetismo científico e negacionismo, entretanto, carece de mais estudos, não sendo possível afirmar categoricamente que as elevadas taxas de analfabetismo científico são as responsáveis pela perpetuação da desconfiança nas ciências, nas instituições e nos experts. Em especial, porque na Europa e Estados Unidos as taxas de analfabetismo científico são baixas e, ainda assim, há um expressivo número de adeptos de movimentos negacionistas. Por exemplo, 27% dos europeus, mesmo depois da crise do coronavírus, afirmam não confiar nos cientistas (Krastev; Leonard, 2020) e 80% das notícias de cunho negacionista veiculadas pela mídia são dos EUA e Reino Unido (Farrell, 2016). Esse cenário, ratifica a ocorrência de um fenômeno que merece atenção.

A nosso ver, um dos aspectos a considerar, diz respeito ao fato que, até a ascensão das redes sociais, a mídia tradicional era responsável por divulgar conhecimento científico para os leigos, como destacam Höttecke e Allchin (2020). De certa forma, podemos dizer que esse canal de comunicação contribuía (ainda contribui) para sustentar, em certa medida, a confiabilidade da prática científica.

Atualmente, o que vemos é um cenário, onde as mídias tradicionais competem com as redes sociais e aplicativos de comunicação instantânea, que vem abalando a confiança nas ciências e instituições com a profusão de notícias falsas. Isso torna cada vez mais difícil discernir entre as afirmações cientificamente justificadas e fake news, como destacam os autores supracitados. Ou seja: “*que afirmações de conhecimento (ou fontes de expertise) podem ser consideradas críveis*” (Höttecke; Allchin, 2020, p. 642, tradução nossa) em tempos de negacionismo?

Höttecke e Allchin (2020) consideram que é importante compreender como as afirmações científicas mantêm sua integridade e confiabilidade à medida que percorrem o longo caminho desde laboratórios e locais de campo, passando por comunidades de cientistas especialistas, até o discurso público e especialmente através das mídias sociais, o que configura um desafio para a educação em ciências.

Em termos de táticas retóricas e elementos evocados por negacionistas, Godulla *et al.* (2024) destacam: conspiração, seletividade, falsos experts, expectativas inalcançáveis (e móveis), falácias lógicas, generalização da dúvida, interpretações equivocadas, falácia do estudo único, questionamento das motivações pessoais dos cientistas, menção a evidências históricas já refutadas e retratação da ciência como enviesada ou como uma ameaça à liberdade individual. Segundo Oliveira *et al.* (2023), esses métodos são orientados por razões políticas para descreditar a ciência, funcionando como uma ferramenta de domínio.

O negacionismo (que passou a ser financiado, organizando e fabricado desde o início dessa década) serve aos mesmos interesses da “ciência falsa”, que além dos objetivos políticos pode caracterizar uma fraude dentro da própria academia (Santini *et al.*, 2022). Há uma correspondência entre os dois movimentos, visto que fraudes acadêmicas podem estimular o negacionismo científico, ao serem tomadas como verdades absolutas por seus adeptos, como é o caso das bases do movimento antivacina.

As consequências de políticas públicas orientadas pelo negacionismo podem ser fatais (Diethelm; McKee, 2009). O negacionismo é frequentemente associado à ideologia de direita em publicações estrangeiras (Godulla *et al.*, 2024) ou da extrema-direita no Brasil (Guimarães, 2022; Salgado, 2022; Oliveira *et al.*, 2023; Santos; Leão, 2024). Ainda, pode ser vinculado a grupos (ultra)conservadores, que buscam perseverar seus valores e manter o status quo da ordem política (Vilela; Selles, 2020).

Especialistas do clima afirmam que o negacionismo interfere no enfrentamento das mudanças climáticas (Rosário, 2024), que são sentidas de forma desigual pela população. De modo semelhante, antropólogos alertam que não só o desenvolvimento da ciência e da saúde são afetados pelo negacionismo, como também aspectos políticos, econômicos, culturais e sociais (Angélica, 2021). Um exemplo que reflete as complexas consequências do negacionismo é quando pessoas são convencidas a não se vacinar. Os mais pobres sentem mais o impacto de decisões como essa, que incluem desde provações passadas por cada família até eventuais sobrecargas em sistemas públicos de saúde, com consequente deterioração da qualidade dos serviços para a população.

Enfim, diante desse cenário, é imprescindível que a sociedade tenha acesso, além dos produtos científicos, aos processos, riscos e conflitos éticos inerentes à produção científica-tecnológica (Azinhaga; Marques, 2016) e que, além disso, tenha condições de participar do desenvolvimento científico-tecnológico. Defendemos, portanto, a necessidade de uma alfabetização científica crítico-reflexiva, que abarque (a) problematizações em torno do empreendimento científico-tecnológico e (b) o desenvolvimento de culturas de participação em ciência e tecnologia (CT).

A nosso ver, dentre as perspectivas educacionais com potencial para contribuir para a superação desses desafios, estão a educação CTS e a natureza da ciência (NDC), em especial, a articulação entre ambas.

O movimento ciência, tecnologia, sociedade (CTS) surgiu nos anos 1970, como resposta aos desastres sociais e ambientais, acarretados pelo pós-guerra e pelo “progresso” descomedido da ciência e tecnologia (Schnetzler; Santos, 2010). Conseqüentemente, emergiu uma preocupação com a qualidade de vida do mundo industrializado, com as questões éticas e socioambientais, que repercutiram para o contexto educacional, culminando com o surgimento de currículos CTS (Santos, 2011).

Também como resposta à crise na educação científica, emerge natureza da ciência, um componente curricular destinado a abordagens de conhecimentos metacientíficos (Bejarano *et al.*, 2019). Esse construto pedagógico é fruto da associação entre história, filosofia e sociologia das ciências (HFSC) e educação em ciências, que ocorreu, entre outras razões, com intuito de demonstrar que a atividade científica decorre do esforço humano, além de possibilitar a reflexão sobre as relações CTS (Gandolfi, 2018).

As propostas CTS representam uma ruptura com a educação tradicional (conteudista e fragmentada) e têm contribuído para um ensino mais contextualizado e crítico de ciências (Santos, 2011). Dentre os objetivos da educação CTS, destacamos os associados ao desenvolvimento de culturas de participação em CT (Rosa; Strieder, 2021), caracterizados por valores e pela capacidade de tomar de decisões sobre questões sociocientíficas, com a intenção de promover uma sociedade mais justa e participativa (Santos, 2012). Do ponto de vista da NDC, um aprendizado consolidado metacientificamente possibilita maior integração de conhecimentos de ciências ao que circula no cotidiano da sociedade (Amador *et al.*, 2018).

Ressonâncias entre educação CTS e natureza da ciência têm sido apontadas na educação em ciências. Trabalhos como os de Pedretti e Nazir (2011) e Adúriz-Bravo (2016) têm ressaltado semelhanças não só estruturais, mas similaridades com relação a princípios, origens e finalidades, embora, apresentem também muitas diferenciações. A articulação CTS-NDC, portanto, é uma via potencial para o ensino de ciências, visto que ambos têm voltado atenções, sobremaneira, às *questões sociais*. Podemos, assim, afirmar que os dois campos uniriam a cultura de participação às reflexões sobre o *saber e fazer* científicos.

Com tal cenário posto, como as relações entre CTS e NDC são tratadas na educação em ciências? Quais aspectos da NDC são mais discutidos nas abordagens CTS? Quais estratégias podem articular CTS e NDC em práticas educativas? Qual o impacto da discussão da NDC contra os discursos negacionistas? Como a educação CTS é necessária nesse âmbito? Qual(is) seria(m) o(s) propósito(s) da articulação na contemporaneidade?

Portanto, a presente tese tem como objetivo propor novas articulações CTS-NDC, levando em conta o que já está estabelecido, bem como as (novas) demandas da educação científica, especialmente no que concerne ao negacionismo científico.

Com base nisso, inicialmente, investigamos as aproximações entre educação CTS e NDC na ausência de um contexto (**Capítulo 1** – Primeiras aproximações entre educação CTS e natureza da ciência na ausência de contexto), publicado na revista Alexandria – Bonfim *et al.* (2022). Essas primeiras aproximações indicam potencialidades e complementariedades entre esses campos.

Em seguida, discutimos como essas articulações se dão em um determinado contexto, nesse caso o da radioatividade (**Capítulo 2** – Elementos da natureza da ciência na educação CTS no contexto da radioatividade), apresentado no VIII

Seminário Ibero-americano Ciência, Tecnologia e Sociedade/SIACTS – Bonfim e Strieder (2022). Essa análise, em particular, além de identificar como a NDC tem sido incorporada em práticas CTS, indica caminhos e direcionamentos para promover uma maior articulação CTS-NDC no contexto escolar.

Dando continuidade ao estudo dos (des)enlaces entre CTS e NDC, no **Capítulo 3 – O ativismo sociopolítico: perspectivas para a articulação CTS-NDC** – publicado na *Ciência & Educação* (Bonfim *et al.*, 2024), apresentamos uma abordagem educacional que tem se preocupado com aspectos de ambos os campos: trata-se do ativismo sociopolítico (ASP). Nele, caracterizamos práticas educativas fundamentadas pelo ativismo sociopolítico na educação científica, a partir da análise de trabalhos desenvolvidos pelo grupo coordenado pelo professor Pedro Reis, um dos expoentes na investigação de articulações entre o ativismo e a educação em ciências. Esse capítulo foi desenvolvido a partir do período de estágio sanduíche na Universidade de Lisboa.

Partindo desse embasamento consolidado, empreendemos esforços direcionados, tanto no campo da NDC quanto da educação CTS, a suprir lacunas identificadas anteriormente, sem perder de vista a articulação entre eles. Nesse sentido, no **Capítulo 4 – Natureza da ciência: compreendendo para agir**, o foco se volta à NDC, abrangendo desde contendas teóricas até a avaliação da *Whole Science* como via de explorá-la em contexto negacionista, através da análise de textos destinados a desmentir fake news (*fact checking*). Parte desse capítulo foi publicado na *Investigações em Ensino de Ciências – IENCI* (Bonfim; Strieder, 2024).

O **Capítulo 5 – Educação CTS: repensando a atividade científico-tecnológica** é dedicado a aprofundar as discussões teóricas sobre o campo da educação CTS. Nessa seção, enfatizamos a importância de resolver problemas locais e de ver a atividade científica-tecnológica como uma prática social. Para isso, baseamo-nos nas ideias do PLACTS, de Thomas Kuhn e de Karen Knorr-Cetina.

Nesse cenário, do processo de construção dos (des)enlaces entre CTS e NDC, associado à problematização da atividade científico-tecnológica, emerge a necessidade de aprofundamentos em torno dos problemas de pesquisa e suas relações com as demandas locais, como explicitado no **Capítulo 5 – Educação CTS: repensando a atividade científico-tecnológica**.

Outro ponto que emerge da construção dos (des)enlaces, e que está associado às ações sociopolíticas, relaciona-se à justiça social, como é explicitado no **Capítulo 6** – Seria a justiça social um propósito da articulação CTS-NDC?

Assim, visando explorar novas tendências das articulações entre CTS e NDC, no Capítulo 6 – Seria a justiça social um propósito da articulação CTS-NDC?, apostamos na abordagem da Justiça Social (JS) como um de seus propósitos, que também coincide com uma das últimas correntes do movimento CTS, relatada por Pedretti e Nazir (2011), referida como *ecojustiça*.

Coutinho *et al.* (2014) apontam como aporias do enfoque CTS uma predileção a exaltar os valores políticos neoliberais e a visão de democracia representativa. Da mesma forma, tem sido reconhecido que estudos sobre NDC, principalmente os pautados no argumento democrático, vêm sendo orientados por uma ótica neoliberal (Hansson; Yacoubian, 2020). Mirando superar tais aporias, nos propomos a compreender como a justiça social é tratada em ambos os campos, com vistas a identificar novos rumos, que contribuam para reflexões voltadas à articulação.

Ao fim, o **Capítulo 7** – Está na hora de caminharmos juntos, congrega as conclusões parciais de cada peça da tese e apresenta um novo olhar para a educação científica baseado em referenciais “clássicos”, marcados por diversas interseções, mas raramente explorados em associação com intencionalidade. Os terrenos compartilhados pelos aportes aqui integrados constituem alicerces robustos para a construção de uma educação científica voltada à justiça social e munida contra os ataques do negacionismo científico.

## Capítulo 1 – Primeiras aproximações entre educação CTS e natureza da ciência na ausência de contexto<sup>1</sup>

*[...] parece possível postular uma complementaridade entre NDC e CTS: ambos poderiam potencializar-se mutuamente para gerar mudanças articuladas entre o saber e saber-fazer dos professores de ciências (Adúriz-Bravo, 2016, p. 23, tradução nossa).*

Neste capítulo, buscamos encaminhamentos para as seguintes questões: como as relações entre CTS e NDC têm sido estabelecidas na educação em ciências? Como NDC é compreendida no âmbito CTS? Como as visões sobre NDC vêm sendo investigadas nesse contexto? Qual(is) são o(s) aspecto(s) de NDC mais discutidos? Para responder a tais perguntas orientadoras, realizamos um levantamento bibliográfico nas Atas das edições de 2015, 2017 e 2019<sup>2</sup> do Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências (ENPEC), evento escolhido por sua relevância entre os pesquisadores da Área de Ensino no Brasil. Assim, em linhas gerais, buscase delinear se e *como* NDC emerge no trabalhos fundamentados pela educação CTS.

### 1.1 Percurso metodológico

Do ponto de vista metodológico, optamos em realizar uma revisão bibliográfica, que nos possibilitou identificar lacunas, possíveis articulações, contradições e/ou incoerências, a partir de uma análise profunda do *corpus* definido, em acordo com Gil (2002).

Na primeira etapa, buscamos trabalhos nas Atas do ENPEC dos anos de 2015, 2017 e 2019. Para isso, utilizamos o acrônimo CTS em títulos, palavras-chave e resumos, por meio dos dispositivos de busca nos *websites* específicos das três edições do evento. Neste universo, foram encontradas 193 publicações distribuídas predominantemente na área “Alfabetização científica e tecnológica, abordagens CTS e CTSA e educação em ciências” (área 9). Nas demais áreas do evento, foram encontrados, em média, dois trabalhos. Em seguida, identificou-se, por meio de leitura flutuante, os artigos que mencionavam “natureza da ciência” ao longo do texto. Foram

---

<sup>1</sup> Este capítulo originou o artigo intitulado “Articulações entre educação CTS e natureza da ciência na pesquisa em educação em ciências”, publicado na Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, em 2022.

Link de acesso ao artigo: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/84837>.

<sup>2</sup> Até o momento da escrita, essas foram as últimas edições do ENPEC.

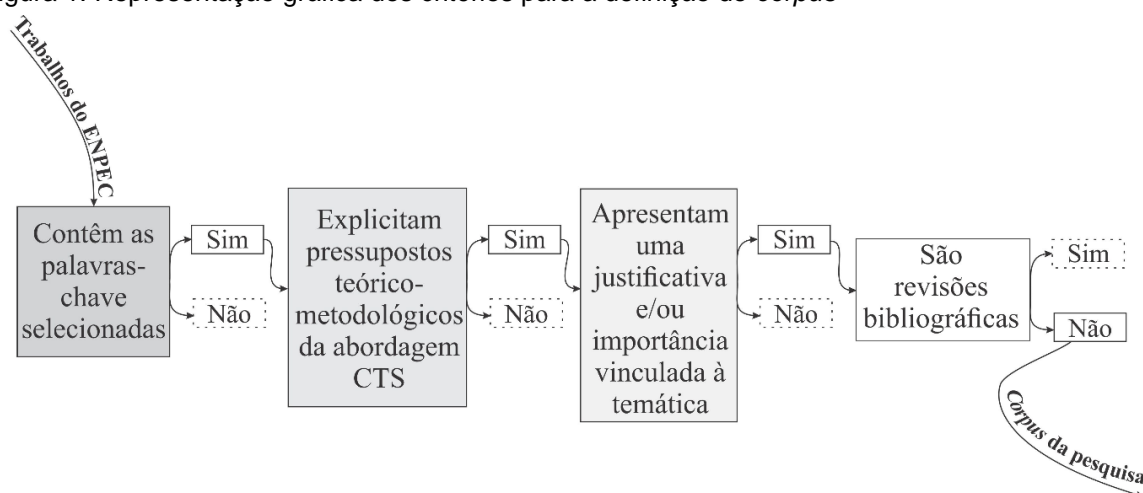
destacadas 38 publicações, sendo 11 delas revisões bibliográficas, que foram excluídas do *corpus*, restando 27 publicações. As revisões foram excluídas pois não tinham o objetivo de investigar ou não discutiam a articulação entre NDC e CTS na educação em ciências e, por isso, pouco contribuiriam para nossa análise.

De modo a identificar mais publicações, na segunda etapa, realizamos o mesmo procedimento invertendo os termos buscados, ou seja, procuramos a expressão “natureza da ciência” em títulos, palavras-chave e resumos. Posteriormente, por leitura flutuante, identificamos os estudos que mencionavam CTS ou “Ciência, Tecnologia, Sociedade” ao longo do texto. Desse procedimento, foram encontradas 24 publicações.

Dessas 51 publicações (somando os achados da primeira e segunda etapas), selecionamos 38, excluindo as publicações que apenas mencionavam as palavras-chave de interesse, mas não justificavam e/ou atribuíam importância/s vinculadas à temática CTS-NDC. Igualmente, foram rejeitados os trabalhos que não explicitavam pressupostos teórico-metodológicos da abordagem CTS.

A Figura 1 sintetiza os critérios de seleção e exclusão dos trabalhos analisados. Os trabalhos escolhidos foram codificados com números entre 1 e 38 e estão dispostos no Quadro 1.

Figura 1: Representação gráfica dos critérios para a definição do *corpus*



Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 1: Trabalhos selecionados e analisados

<b>Cód.</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Ano</b>
1	A alfabetização científica de estudantes de licenciatura em ciências biológicas: um estudo de caso no contexto da formação inicial de professores	LIMA, A. M. D. L.; GARCIA, R. N.	2015
2	Química, pra que te quero?": argumentos de licenciandos na perspectiva da Alfabetização Científica	MILARÉ, T.; FRANCISCO, K. R.	2015
3	A História e Natureza da Ciência em materiais didáticos de Biologia	MORAIS, W. R; BASTOS, F.	2015
4	Histórias explicativas para o ensino de fotossíntese e abordagem da natureza da ciência no ensino médio de Biologia	SANTOS, E. L.; CARMO, R. S.	2015
5	A perspectiva CTS e a compreensão de alunos da educação profissional e tecnológica	COSTA, M. R. J.; PORCIÚNCULA, L. O.; PINO, J. C.	2015
6	Concepções de estudantes do Ensino Médio sobre Ciência e Gênero	LIMA, L. V. S.; DANTAS, J. M.; CABRAL, C. G.	2015
7	Compreensões de licenciandos em química sobre as inter-relações CTS a partir do questionário VOSTS	MÜNCHEN, S.; ADAIME, M. B.	2015
8	Problematização de construções históricas sobre a Ciência e a Tecnologia por licenciandos: análise a partir de uma proposta de estágio	BINATTO, P. F.; SANTOS, A. C. D.; TEIXEIRA, P. M. M.	2015
9	A temática Aids abordada como um problema social em aulas de Biologia da EJA – contribuições do Enfoque CTS	PORTO, M. L. O.; TEIXEIRA, P. M. M.	2015
10	Questões sociocientíficas no ensino de ciências: um exemplo baseado na análise da abordagem do tema "sociedade de consumo" no livro didático de química	SILVA, Y. . L. O.; FARO, R. M.; SILVA, P. R.; LIMA, A.; MARTINS, I.	2015
11	Roda de conversa de QSC: o filme "O óleo de Lorenzo" e o raciocínio informal de estudantes do ensino superior	GONDIN, M. S. C.; FARIA, N. D.; SANTOS, W. L. P.	2017
12	Influências de uma situação controversa nas visões de alunos sobre Natureza da Ciência	MARTINS. M.; JUSTI, R.	2017
13	Ciência, Tecnologia e Sociedade: uma relação com o ensino investigativo	SILVA, H. W. K. R.; PIRES, L. L. A.	2017
14	Análise da Dinâmica Discursiva sobre as Interações em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no Contexto da Licenciatura em Química	BEZERRA, B. H. S.; AMARAL, E. M. R.	2017
15	Análise de um episódio interativo entre estudantes de um curso de Licenciatura em Física sobre aspectos didático-pedagógicos do enfoque CTS	DECONTO, C. C. S.; CAVALCANTI, C. J. H.; OSTERMAN, F.	2017
16	Um olhar para a perspectiva CTS para formação cidadã em aulas de Química do ensino médio	GARRIDO, A.; SANGIOGO, F. A.; PASTORIZA, B.	2017

17	Do que a Ciência se ocupa? Uma etapa na pesquisa sobre enfoque CTS no ensino fundamental	MOTA, J. C. G.; MESSEDER, J. C.	2017
18	Percepção pública da Ciência e da Tecnologia dos medicamentos: reflexões para o Ensino de Ciências	PEDRANCINI, V. D.; CARVALHO, W. L. P.; SILVA, E. S.	2017
19	A contextualização no ensino de ciências na visão de licenciandos	PRUDÊNCIO, C. A. V.; GUIMARÃES, F. J.	2017
20	O "Solo" por meio de CTS: uma investigação na formação inicial	SANTOS, A. B.; MOREIRA, A. L. O. R.	2017
21	Formação continuada e enfoque CTS: percepções de um grupo de professores de química	NIEZER, T. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; FABRI, F.	2017
22	Dificuldades encontradas por professores de Biologia para planejar aulas envolvendo questões sociocientíficas no Ensino Médio	SILVA, C. A. G.; STUCHI, A. M.	2017
23	Poluição como tema para ensino de reações redox em uma perspectiva CTSA	KLEIN, S. G; BRAIBANTE, M. E. F.	2017
24	Aprendizagem de conceitos científicos no ensino de ciências com abordagem CTS	RODRIGUES, V. A. B.; FELIX, M. A. C.; QUADROS, A. L.	2017
25	Desenvolvimento de uma Sequência Didática com enfoque em NdC&T/CTS para o ensino de conteúdos de Microbiologia em aulas de Biologia	SILVA, L. P.; MACIEL, M. D.	2017
26	A questão da neutralidade científica em um debate sociocientífico na formação inicial de professores de Física	FIGUEIRA, M. J. S; NARDI, R.	2019
27	Evidências de alfabetização científica em produções escritas de estudantes do Ensino Médio	MIRANDA, J. C. S.; JUNIOR, W. E. F.	2019
28	No tecer da Educação CTS e Alfabetização Científica: contribuições para o ensino de ciências	PAULA, M.; GOUVEA, G.	2019
29	O uso da controvérsia controlada para abordar um tema sociocientífico a partir da perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)	SANTOS, J. P.; ROCHA, M. B.; CHRISPINO, A.	2019
30	A vermicompostagem na perspectiva da Alfabetização Científica no Ensino Fundamental	TOREZIN, A. F.; DOBRANSKI, V. G.; KAICK, T. V.; LORENZETTI, L.	2019
31	Concepções a respeito das questões sociocientíficas: uma análise com professores de Ciências dos anos finais do Ensino Fundamental	CABRAL; E. M. L. S.; AMARAL, E. A. R.	2019
32	Aplicação de controvérsia controlada sobre carros autônomos medida através do PIEARCTS	CARDINOT, D. C.; CHRISPINO, A.	2019
33	Concepções sobre CTS de docentes das Ciências da Natureza de uma Instituição Federal com Ensino Médio Integrado	DURAN, A.; REIS, M.; MUENCHEN, C.	2019
34	Propostas de ensino CTS: contribuições para formação inicial de professores de Química	FERNANDES, R. F. F.; MACHADO, P. F. L.; IBRAIM, S. S.	2019

35	Compreensões de Estudantes da Educação Básica sobre a Tríade Ciência-Tecnologia-Sociedade e suas Inter-relações	GONÇALVES, S. G.; MENEZES, P. H. D.; MIRANDA-FILHO, W. R.; VÁZQUEZ-ALONSO, A.; SANTOS, A. B.	2019
36	Análise de uma proposta formativa para professores de química na perspectiva da mobilização de saberes docentes sobre a abordagem CTS	SILVA, A. C. B. F.; FIRME, R. N.	2019
37	Radioatividade: mocinha ou vilã? Uma sequência de ensino e aprendizagem com foco nas relações CTSA por meio de QSC'S	SOUZA, D. O.; SOUZA, D. O.; BEZERRA, B. H.	2019
38	Relações epistemológicas e teleológicas entre a educação ambiental e a educação CTS: tecendo possibilidades de articulação	LUZ, R.; PRUDÊNCIO, C. A. V.	2019

Fonte: elaborado pela autora.

Para examinar as publicações selecionadas, inspiramo-nos em pressupostos da análise textual discursiva (ATD), que orientou a elaboração de novos entendimentos a partir de um processo de desconstrução e reconstrução, por meio de movimentos denominados: unitarização, categorização e comunicação do novo, em consonância com Moraes e Galiazzi (2016) e com Martins *et al.* (2020).

O primeiro movimento (unitarização) consistiu em desmembrar o *corpus* selecionado, resultando no estabelecimento de eixos de análise como categorias iniciais: Eixo 1 – De que maneira CTS e NDC têm sido articulados; Eixo 2 – O que almejam os autores que os articulam; Eixo 3 – Qual(is) aspectos são discutidos em sala de aula. Desses eixos, novas categorias emergiram: (1) CTS-NDC: delimitações entre fronteiras nebulosas; (2) CTS-NDC: mudanças de concepções de ciência e de práticas CTS; (3) CTS-NDC: (não)neutralidade na sala de aula, compondo o segundo movimento (categorização). Por fim, no terceiro movimento (comunicação do novo), foi concebido um metatexto que congrega os excertos selecionados com os aportes teóricos em questão. Considerando as categorias estabelecidas, dividimos as discussões em três tópicos correspondentes e discutidos a seguir.

## 1.2 CTS-NDC: delimitações entre fronteiras nebulosas

CTS e NDC se constituem como campos da educação em ciências de caráter similarmente polissemicos e metateóricos. No caso do CTS, esta polissemia advém, em grande parte, da pluralidade de abordagens e de sentidos que lhe são atribuídos

pelos pesquisadores. Para Strieder e Kawamura (2017), o contexto sociocultural nos quais as práticas são inseridas também influencia essa diversidade de abordagens CTS. Como apontam as autoras, essa diversidade está associada a distintas perspectivas sobre racionalidade científica, desenvolvimento tecnológico e participação social, que se articulam em torno de três propósitos educacionais que abarcam o desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais.

Da mesma forma, há diversas abordagens de NDC<sup>3</sup>, como a conhecida por *Ciência Integral*, proposta por Allchin (2013, 2017); os *Sete Elementos de Lederman*, propostos por Norman Lederman e colaboradores (Matthews, 2012); a de *Semelhança Familiar*, elaborada por Irzik e Nola (2011) e reformulada por Dagher e Erduran (2016). Derivados dessa reformulação, encontram-se o *Modelo Integrativo para o Ensino de NDC em Biologia (IM-NOSBIO)*, formulado por Inéz, Brito e El-Hani e o *Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências (MoCEC)*, proposto por Rosária Justi e Sibel Erduran. Associado às diferentes maneiras de conceber NDC, alguns pesquisadores recomendam encará-la como natureza da ciência e não “a” natureza da ciência (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Lederman, 2002).

Apesar de NDC e CTS possuírem, em certa medida, objetivos distintos como podemos perceber a partir de Santos e Mortimer (2002), Strieder e Kawamura (2017) e Amador *et al.* (2018), de modo geral, apresentam uma mesma finalidade: a formação cidadã para a tomada de decisões de caráter sociocientífico, como apontado por Pedretti e Nazir (2011). Tal finalidade também está explícita na amostra analisada (em cerca de 30 trabalhos), representada pelo seguinte excerto, retirado do trabalho 4: “é desejável, desse modo, um ensino no qual possibilite aos estudantes o desenvolvimento do senso crítico sendo atuantes na tomada de decisão socialmente responsável” (4, 2015, p. 3).

Ainda que apresentando a formação cidadã como finalidade comum, as articulações entre esses dois campos têm ocorrido considerando diferentes aspectos. De forma geral, elas se restringem a trechos da introdução e/ou dos referenciais teóricos dos trabalhos analisados. Dessa forma, as relações entre as temáticas são feitas de forma pouco aprofundada, apresentando um ou outro aspecto relacionado à

---

<sup>3</sup> As abordagens de NDC (*Whole Science*, *Sete Elementos de Lederman*, *Semelhança de Famílias*, *Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências...*) são os pressupostos teóricos-metodológicos advindos dos entendimentos de diversos pesquisadores da temática.

NDC. Além disso, nenhum trabalho traz o que compreende por NDC, a nível de conceito ou quais seriam suas características. Ademais, NDC é discutida como referencial teórico apenas no trabalho 12.

Dionor *et al.* (2020), ao tratar das QSC em situações de ensino, alertam que explicitar os fundamentos teóricos adotados, além de indicar o nível de coerência do trabalho, é essencial para não cair em superficialidades e/ou enganos ao tecer análises e propor metodologias, o que aqui estendemos à NDC. Portanto, defendemos a emergência de esclarecimentos sobre o(s) significado(s) de NDC para se evitar interpretações ingênuas, assim como afirmam Santos e Auler (2011) sobre as abordagens CTS. Ainda assim, foi possível reconhecer cinco modalidades de articulação, descritas a seguir.

Há um grupo que compreende NDC como parte da educação CTS, seguindo, por exemplo, o que é proposto por Strieder e Kawamura (2017). Essas autoras argumentam que as discussões voltadas à NDC estão inseridas em uma das abordagens de racionalidade científica, um dos parâmetros da educação CTS estabelecidos por elas, descrito como: “analisar a condução das investigações científicas”, em que a “racionalidade da ciência entendida como garantia de verdade absoluta e universal, passa a ser questionada na medida em que não condiz com o processo real de construção das ciências” (Strieder; Kawamura, 2017, p. 35). O questionamento à neutralidade científica leva, por exemplo, a discussões sobre o método científico e o caráter provisório das teorias e hipóteses científicas. Para as autoras, seria “discutir CTS com ênfase em C”, parafraseando Santos (2001).

Na mesma direção, Aikenhead (1994) relatou o posicionamento de uma série de autores sobre os currículos CTS e já enfatizava a necessidade de contemplar elementos relacionados à epistemologia e à sociologia das ciências. Percebemos que muitos destes, fazem parte das abordagens de NDC na atualidade, principalmente por aqueles que partilham do *Consensus View*<sup>4</sup>, como: “observações científicas são enviesadas por teorias; as crenças científicas são alcançadas por meio de consenso” (Aikenhead, 1994, tradução nossa, p. 4). De acordo com Vázquez-Alonso *et al.* (2014), muitos dos esforços para chegar às principais características de NDC incluem as interações CTS. Os autores afirmam que além de haver uma sobreposição entre os

---

<sup>4</sup> “*Consensus View*” é uma expressão usada tanto por autores que se pautam em listas de princípios de NDC quanto por críticos das listas (Allchin 2017; Matthews, 2012; Irzik; Nola, 2014), que remete a um conjunto de aspectos de NDC acordados por vários pesquisadores.

rótulos CTS e NDC, este último pode ser reconhecido como um herdeiro dos objetivos educacionais da Educação CTS.

É nessa visão que a maioria das investigações analisadas se enquadram quanto à articulação CTS-NDC (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 25, 28, 31, 32, 36, 37, 38), ou seja, compreendem NDC como uma das metas ou um dos aspectos da educação CTS (Figura 2a), em consonância com Santos e Mortimer (2002), Santos (2011), Pedretti e Nazir (2011) e Strieder (2012). Como podemos observar no trabalho 23 que explicita: [um dos] “principais objetivos da educação CTS como sendo: adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico.” (23, p. 3). No entanto, isto se perde à medida que os trabalhos vão sendo desenvolvidos e, dessa forma, tal meta passa a ser secundária e pouco relevante.

Em contraste, os trabalhos 2, 21 e 24 dão a entender que as abordagens CTS, por si só, já contemplam questões relacionadas a NDC, contribuindo assim, para sua compreensão. Em 8 e 36, os autores não deixam claro quais são os pressupostos teórico-metodológicos de NDC que regem os estudos. Já em 3, 4 e 12 alguns pressupostos são evidenciados. Em 3, é dito que as relações CTS são “discussões de caráter externalista da Ciência” (p. 5). Isto é, as características externas de NDC, como definido por Bejarano *et al.* (2019), se equivalem às relações CTS. Afirmção semelhante é feita por Vázquez-Alonso *et al.* (2014).

Em outros trabalhos, CTS e natureza da ciência se unem por meio das Questões Sociocientíficas (QSC). Essa união tem se dado de diversas maneiras, coerente com o que vem sendo discutido na literatura. Em outras palavras, assim como há diferentes formas de interrelacionar CTS e QSC, também há distintas maneiras de articular CTS, QSC e NDC. Sobre isso, Santos (2011) aponta que os estudos sobre questões sociocientíficas surgiram no domínio da educação CTS, mas que vem ocorrendo uma diferenciação, advinda, entre outros aspectos, de uma urgência da substituição da educação CTS por outros enfoques. Essa diferenciação tem sido feita, por exemplo por Zeidler e colaboradores, ao salientarem que a Educação CTS enfatiza as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mas carece de arcabouço teórico (Zeidler *et al.*, 2005; Zeidler; Nichols, 2009) e que, portanto, as QSC suplantariam essa carência, fornecendo as bases teórico-metodológicas necessárias.

Na visão desses autores, “a meta dos professores de ciências seria a de prover condições que permitam aos estudantes desenvolverem suas epistemologias pessoais mediante a exposição e interação entre NDC e QSC” (Zeidler; Nichols, 2009, p. 54, tradução nossa). Em contraste, Santos (2010) destaca a ausência de materiais e estudos curriculares no contexto de QSC, algo que pode ser estendido à NDC. Na realidade, Santos endossa as críticas tecidas por Hodson (2009a) acerca da associação entre QSC e NDC, caracterizando-a como “despropositada”, por desconsiderar a politização dos estudantes.

Críticas como as feitas por Santos (2010) e Hodson (2009a) sobre as QSC têm sido superadas à medida que iniciativas como o livro organizado por Conrado e Nunes-Neto (2018), intitulado “Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas”, lançado em 2018, vêm sendo trazidos a lume, contando com as participações dos próprios autores. Esse livro, discorre, entre outros aspectos, sobre as bases teóricas da educação CTS, das QSC e da ação sociopolítica na educação. Já existe na literatura atual publicações diversas neste sentido (Martínez; Lozano, 2013; Sousa; Gehlen, 2017; Eilks *et al.*, 2018; Melo *et al.*, 2021).

Zeidler *et al.* (2005) corroboram com a posição de Bingle e Gaskell (1994), ao reportar que a educação CTS, como prática, está alinhada à ideia de “ciência pronta” de Bruno Latour, uma noção “vulgar”, amparada em uma conotação positivista, com valores que não enaltecem a ideia de “ciência em construção”. Isto é, uma “ciência” normativa e essencialista. À natureza da ciência também são feitas críticas semelhantes. Filósofos e historiadores a acusam de ser normativa e essencialista. Obviamente, que há abordagens acentuadamente mais normativas que outras (Bejarano *et al.*, 2019), como as endossadas pela *Consensus View*, que pressupõem a existência de uma “natureza da ciência para ser descoberta e ensinada e uma lista de tópicos” para descrevê-la (Massoni *et al.*, 2018, p. 908). Quer dizer, faz menção à ideia de que haveria uma essência ou um grupo de critérios passível de caracterizar as atividades consideradas científicas. Portanto, recorrer à associação entre QSC e NDC pode resultar no mesmo tipo de crítica, isto é, serem consideradas “vulgares”.

Hodson (2018), ancorado em Kolstø (2001), sintetiza alguns elementos acerca de NDC considerados necessários para abordar QSC em sala de aula, sendo um deles a distinção entre as noções entre “ciência em construção” e “ciência pronta”, aspecto aludido quando se discute a (não)neutralidade científica nos trabalhos

analisados (categoria 3), embora não se faça uma distinção clara sobre essas duas noções.

Zeidler *et al.* (2005) e Zeidler e Nichols (2009) parecem entender o movimento CTS como uma unidade, desconsiderando suas várias faces, como observamos na realidade latino-americana. Em direção oposta, Auler e Delizoicov (2011) percebem uma divisão dos currículos CTS entre reducionista e ampliada. Sob a visão ampliada, se encontram as percepções que procuram fazer “uma análise crítica ao atual modelo de desenvolvimento econômico” (Santos, 2011, p. 30), enquanto as visões reducionistas aproximam-se da concepção de neutralidade das relações CT. Já Linsingen (2007) salienta o caráter essencialista das ciências no movimento CTS e apresenta a perspectiva dos “estudos sociais da ciência e da tecnologia” (ECTS) que busca promover a superação dessas ideias.

Santos (2011) e Perez (2012) manifestam uma preocupação com a educação CTS ser reduzida a um *slogan*. Fazendo um alerta para a necessidade de um resgate do seu caráter crítico, de modo a superar a visão reducionista. Fala-se em superar tal posição, por meio da abordagem de temas científicos e/ou tecnológicos problemáticos/ controversos em sala de aula em consonância com a perspectiva crítica e dialógica. Isto é, existe um alinhamento entre CTS e QSC, também percebido nos trabalhos examinados (2, 10, 11, 12, 18, 22, 26, 31, 37), no sentido de que a inserção de QSC na educação em ciências ocorra por intermédio das abordagens CTS (Figura 2d).

Em 31, por exemplo, é assumido “que a base das QSC possui um arcabouço teórico oriundo do movimento e abordagem CTS” (p. 6). Já o trabalho 22 argumenta, com base em uma série de autores, que “o maior problema reside nas concepções equivocadas ou ingênuas que o professor guarda acerca da natureza da ciência” (22, 2017, p. 7), o que impede a viabilização das QSC nas salas de aula, recomendando uma reestruturação curricular. Do mesmo modo, Praia *et al.* (2007) afirmam que para se ensinar no enfoque CTS é necessário que os professores, antes de mais nada, superem visões ingênuas sobre C&T. Santos *et al.* (2018) relatam que QSC e CTS são campos que apresentam alguns objetos em comum (como a formação para a cidadania e tomada de decisões, presentes também na NDC), mas que ainda “existem estudos curriculares de CTS que abordam questões não contempladas pelas pesquisas de QSC e vice-versa” (p. 428).

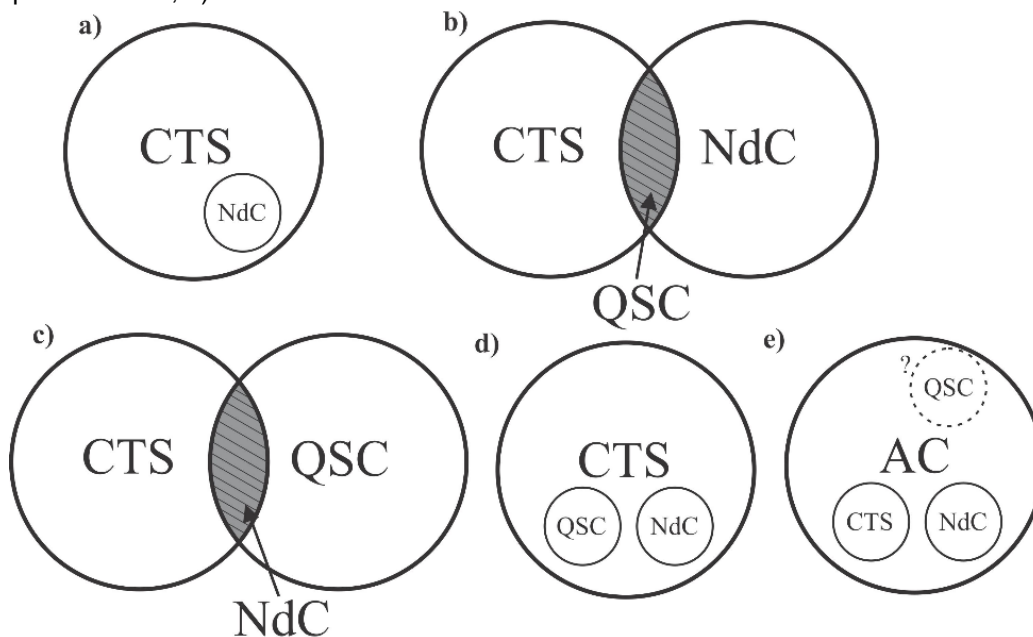
Quais seriam, então, as aproximações desses campos com NDC? De acordo com Pedretti e Nazir (2011), QSC e NDC constituem correntes da educação CTS. Até aqui, fica claro que QSC e NDC têm ascendências no movimento CTS e a compreensão de NDC é meta a ser atingida por ambos os campos, os conectando (Figura 2b). Tanto no âmbito da educação CTS como para NDC, as QSC são consideradas estratégias de propostas de ensino nos estudos analisados.

Na amostra analisada, também encontramos articulações entre esses dois campos sendo tecidas por meio da Alfabetização Científica (AC). Nesse caso, os trabalhos se baseiam nos eixos estruturantes de AC, citando principalmente os estudos de Sasseron (2008). Em sua tese, Sasseron estabelece os “Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica” que devem orientar o planejamento de aulas e a prática em sala de aula: i) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; ii) compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; iii) o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente. Desse modo, para a autora, NDC e CTS são consideradas metas da alfabetização científica, não sendo NDC interpretada como parte ou objetivo do enfoque CTS, o que diverge da maioria dos trabalhos analisados.

Seguindo a posição de Sasseron (2008), encontram-se os trabalhos 1, 2, 27, 30, 35 (Figura 2e). Em 30, é construída uma sequência didática baseada nesses pressupostos. Em 1, 2 e 27 são identificadas, por formas diferentes, as compreensões acerca da alfabetização científica. Para 35, “a compreensão da Natureza da Ciência e das interações CTS por parte de alunos [...] é um dos aspectos essenciais da alfabetização científica” (35, 2019, p. 2). Como motivos comuns nos trabalhos, a AC é apresentada como um caminho para superar o modelo curricular tradicional, ao qual é atrelada uma visão imutável de ciência. Nessa linha, são apresentados argumentos como a preocupação como um ensino vinculado à realidade dos estudantes, a busca pela interligação entre conhecimento sistematizado e cotidiano e contribuição “para uma maior associação entre conhecimentos pedagógicos e científicos na formação de professores” (1, 2015, p. 3). Assim como Sasseron (2008), Cachapuz *et al.* (2011) relatam que há outros autores que colocam a compreensão sobre natureza da ciência como um dos objetivos da alfabetização científica. Contudo, para esses autores existem tipos de alfabetização científica, cabendo à “alfabetização científica cultural” contemplar natureza da ciência.

Face aos diferentes pontos de vistas aqui relatados, podemos perceber, pelo menos, cinco formas de articulação (coexistentes e passíveis de transformações) entre NDC-CTS no desenvolvimento da pesquisa em educação em ciências, sintetizadas na Figura 2: a) NDC como parte da educação CTS; b) CTS e QSC articuladas por meio de NDC; c) NDC como interseção entre QSC e CTS, agora sendo vista como um campo menor; d) QSC e NDC como oriundas da educação CTS; e) CTS e NDC como dois eixos da Alfabetização científica (AC) – obviamente que as QSC também estão sob esse espectro, podendo estar sob as formas 2b, 2c e 2d, e por isso, representada com um contorno tracejado na Figura 2e.

Figura 2: Relações estabelecidas entre CTS e NDC. a) NDC como parte integrante da educação CTS, b) QSC como interseção entre CTS e NDC, c) NDC como interseção entre QSC e CTS, d) QSC e NDC como parte de CTS, e) CTS e NDC como dois eixos da AC



Fonte: elaborada pela autora.

Das três possíveis articulações CTS-NDC por intermédio das QSC (2b, 2c e 2d) que apresentamos, somente foi possível identificar a 2d nos trabalhos analisados. Isso pode ser justificado pelo procedimento metodológico adotado, visto que QSC não foi incluída como palavra-chave na busca por publicações. Ademais, as QSC são bastante recentes no contexto brasileiro, como pontuado por Santos *et al.* (2018).

Com relação à Figura 2e, notamos o inexpressivo número de publicações que correlacionam NDC-CTS por meio da alfabetização científica, o que pode estar relacionado à dificuldade de equilibrar essas três linhas de pesquisa, o que demanda,

por exemplo, uma formação robusta por parte dos professores, contemplando um maior conhecimento sobre esses campos. Vale ressaltar que os trabalhos 2, 22 e 37 compõem mais de um modelo de articulação. Nos estudos 29, 33 e 34, não foi possível identificar as relações entre os campos.

### **1.3 CTS-NDC: mudanças de concepções de ciência e de práticas CTS**

Nesta categoria, a pesquisa é marcada pela discussão das visões sobre NDC de alunos e professores. Essas, são compreendidas como centrais para a formação cidadã, a tomada de decisões de caráter sociocientífico e/ou a alfabetização científica, abordadas no eixo anterior. Nesse sentido, por exemplo, os trabalhos 7, 8, 14, 22, 34, 36 concluem que as abordagens CTS podem contribuir com mudanças nas concepções de NDC dos estudantes, mas não é evidenciado como isto pode ser atingido, com exceção de 14, que avalia as mudanças nas concepções sobre as relações CTS, por meio de um processo formativo realizado com licenciandos. Corroborando com esses estudos, Cofré *et al.* (2019) relatam que a compreensão das interações entre ciência e sociedade depende da compreensão de NDC.

Geralmente, tais trabalhos se ancoram em Santos e Mortimer (2002), Auler (2002), Auler e Bazzo (2001) para justificar que as abordagens CTS podem proporcionar mudanças nas visões sobre NDC dos estudantes. Para os autores, a educação CTS por conta própria promoverá tal mudança, porque está alicerçada sobre os três pilares Ciência-Tecnologia-Sociedade. Ou seja, é esperado que a partir da incursão dos alunos na prática científica, provendo elementos subliminares sobre como o conhecimento científico é construído, se alcançará uma compreensão de NDC, isto é, de forma implícita. Ao contrário, na abordagem explícita, os alunos têm consciência de que aspectos de NDC serão trabalhados em sala desde o início, relata Moura (2014).

Os trabalhos 1, 5, 6, 7, 12, 18, 20 32, 35 se utilizam de instrumentos para avaliar as concepções de alunos e professores sobre NDC no âmbito CTS. Alguns estudos (5, 7) utilizam o VOSTS (*Views of Science, Technology and Society*), concebido por Aikenhead *et al.* (1989) para avaliar as concepções de ciências e suas interrelações com a tecnologia e a sociedade de diferentes públicos. No trabalho 5, é concluído que a visão ingênua dos acadêmicos acerca da ciência decorre da ausência de questões relativas à natureza da ciência na formação inicial de professores. Além disso, os

autores inferem que os estudantes avaliados, apesar de não apresentarem uma visão ingênua de NDC, também não apresentam uma visão “totalmente adequada” de NDC no contexto CTS, segundo os critérios do instrumento.

Na mesma direção, os trabalhos 32 e 35 utilizam o COCTS (*Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*), um instrumento similar ao VOSTS aplicado à realidade latino-americana. O trabalho 32 faz a análise de uma questão presente no COCTS, que diz respeito as possíveis relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade, depreendendo que os estudantes apresentam uma concepção ingênua das múltiplas e complexas relações entre esses campos. Dessa forma, os autores concluem que os estudantes não conseguem compreender que a Sociedade influencia e é influenciada pela Ciência e pela Tecnologia, e que a Ciência não precede a Tecnologia. Nesse sentido, o trabalho 35 faz uma significativa consideração, ao reconhecer que as divergências do próprio campo de NDC podem ser comparadas às concepções dos estudantes, de modo a contribuir para a elucidação de como inserir natureza da ciência nos currículos escolares.

O *Test of Basic Scientific Literacy* (TBSL), instrumento utilizado no trabalho 1, é empregado para avaliar o nível de alfabetização científica de estudantes de licenciatura em ciências biológicas. Nele, são medidos o grau de conteúdo científico dos alunos, a natureza da ciência e os impactos da ciência e tecnologia sobre a sociedade. Neste questionário, NDC e CTS aparecem como eixos distintos a serem avaliados. Os autores do trabalho concluem que a falta de habilidades sobre NDC e CTS decorre de um ensino que “valoriza essencialmente a compreensão de termos e conceitos científicos, em detrimento da compreensão da ciência em suas diferentes dimensões” (1, 2015, p. 6).

Ao invés de utilizar modelos presentes na literatura, algumas pesquisas desenvolvem seus próprios instrumentos (6, 12, 18, 20). Azevedo e Scarpa (2017) pontuam que poucas são as pesquisas que se destinam a elaborar seus próprios instrumentos. Em 6, foi desenvolvido um instrumento específico para avaliar concepções de estudantes sobre ciência e gênero no âmbito da CTS, que segue a lógica da visão consensual, ao apresentar questões abertas, descontextualizadas e genéricas, próximas daquelas apresentadas pelo *Views of Nature of Science* (VNOS), instrumento mais difundido na literatura internacional (Matthews, 2012; Marín, 2013; Azevedo; Scarpa, 2017). No cenário nacional, porém, o VNOS não é tão popular (Antunes *et al.*, 2017). No trabalho 18, investigou-se a percepção pública da Ciência

e da Tecnologia dos medicamentos de uma cidade do Paraná. Os autores concluem que se deve dar uma atenção mais explícita a NDC, por intermédio das QSC e da abordagem CTS. Em 20, se investigou as concepções de estudantes a respeito da abordagem das relações CTS, como a questão da neutralidade científica.

A *Consensus View* ou “visão consensual” é constituída por pesquisadores que continuamente interagem entre si com o intuito de alcançar uma única lista de afirmações consensuais. Existem pequenas variações entre elas, depende dos contextos e objetivos dos aspectos da NDC a serem introduzidos nas prática de ensino. Uma das críticas direcionadas aos instrumentos, que se fundamentam em listas de afirmações sobre o empreendimento científico, é a falta de consideração pelos diferentes contextos histórico-culturais (Allchin, 2013; 2017; Bejarano *et al.*, 2019; Toma, 2020).

Os referidos instrumentos têm como finalidade identificar as concepções *sobre* ciências de determinado público-alvo. Esses diagnósticos são um ponto inicial para ter noção “e modificar as suas próprias concepções epistemológicas acerca da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico” (Gil-Pérez *et al.* 2001, p. 125). Portanto, esses estudos se configuram como uma poderosa linha de investigação, inclusive, porque tem chamado a atenção para “estabelecer o que pode entender-se como uma imagem adequada, não distorcida, sobre a natureza da ciência e da atividade científica” (Praia *et al.*, 2007, p. 147).

Em 20, é afirmado que “as concepções dos professores se refletem nas suas práticas em sala de aula, estão fortemente relacionadas com as concepções dos alunos e, podem, também, serem obstáculos para a incorporação de abordagens inovadoras nas práticas pedagógicas” (20, 2017, p. 5), se referindo a NDC. Noção partilhada por outros estudos que não se enquadram nesse eixo, pois não utilizam instrumentos para acessar NDC, como o trabalho 14. Contudo, há autores que discordam que as concepções de professores sobre NDC podem influenciar a concepção dos alunos (Acevedo *et al.*, 2005; Praia *et al.*, 2007). No trabalho 31, é apontado que as questões sociocientíficas são recorrentemente vinculadas à abordagem CTS na concepção dos professores de ciências.

Em síntese, os estudos sobre concepções de NDC no âmbito CTS analisados denotam que, mesmo de forma tímida, existe uma preocupação em conhecer as compreensões sobre NDC dos estudantes e professores, pois acreditam que isto possa contribuir com a tomada de decisões de caráter sociocientífico e para a

formação cidadã. Isto também é argumentado no âmbito das pesquisas sobre NDC (Gil-Pérez *et al.*, 2001; Lederman, 2007; Moura, 2014; Bejarano, *et al.*, 2019).

Podemos assumir então que CTS e NDC se complementam e, nesse sentido, poderiam fortalecer-se de forma mútua, uma vez que a educação CTS pode contribuir para a incorporação de práticas em sala de aula que promovam uma imagem de ciência mais alinhada à NDC (Adúriz-Bravo, 2016). Ainda, os trabalhos 5, 7, 20 ressaltam que as interrelações CTS apontam para uma ciência que está longe de ser neutra, sendo influenciada por fatores socioculturais, políticos e econômicos.

#### **1.4 CTS-NDC: (não)neutralidade na sala de aula**

Antes de adentrarmos nos trabalhos que envolvem as situações de ensino (direta ou indiretamente), é necessário esclarecer que existem, pelo menos, duas maneiras de inserir NDC em sala de aula, de acordo com García-Carmona (2014): (i) integrada aos conteúdos curriculares tradicionais, quando, por exemplo, se discute o caráter provisório do conhecimento científico no desenvolvimento dos modelos atômicos, ou (ii) como um conteúdo a parte no currículo. O autor afirma que não sabe ao certo qual forma seria mais eficaz. Mas, de fato, parece ser determinante para o sucesso do ensino da NDC que ela seja apresentada de forma explícita e reflexiva. Examinando os trabalhos dessa categoria, evidenciamos que, apesar de brevemente abordado, o primeiro caminho é prevacente. Além disso, a maioria trabalha NDC de forma explícita, mesmo que superficialmente. Lembramos que as propostas metodológicas

[...] podem ser caracterizadas como 'implícitas', quando utilizam instrução sobre habilidades relacionadas à prática científica ou engajamento em atividades investigativas como um meio para a melhoria das visões sobre a natureza da ciência, ou 'explícitas', quando o ensino enfoca diretamente conteúdos epistemológicos ou emprega elementos de história e filosofia das ciências no tratamento de conteúdos específicos (Teixeira *et al.*, 2009, p. 532).

No caso da amostra analisada, a abordagem explícita se dá pelo emprego de elementos da história e filosofia das ciências, defendendo que essa estratégia pode propiciar reflexões sobre aspectos da NDC no contexto CTS, como é o caso dos trabalhos 3, 4, 8, 12, 36. Vale salientar que nem sempre uma prática orientada pela história e filosofia das ciências será explícita, do mesmo modo uma prática voltada para as habilidades científicas será implícita (Moura, 2014).

Os trabalhos 4 e 12 utilizam narrativas para discutir NDC na sala de aula, no entanto, as publicações seguem linhas teóricas diferentes. Em 4, explora-se o potencial de narrativas históricas com base em Millar e Osborne (1998) e Matthews (2009). Os autores concluem que “as histórias são entendidas também como importante recurso para introduzir implicitamente NOS no ensino médio de biologia, o que adiciona à formação do estudante uma visão mais informada da atividade científica e de seus métodos” (4, 2015, p. 6). Já o trabalho 12 é teoricamente subsidiado pelo MoCEC (Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências), no qual a natureza da ciência é abordada de forma *contextualizada, explícita e integrada* (Justi; Erduran, 2015). Nesse trabalho, um caso controverso sobre alimentos transgênicos é discutido com os alunos. A preocupação com uma abordagem mais contextualista de NDC é partilhada por outros autores, como Hodson (2009b), Irzik e Nola (2014), Dagher e Erduran (2016), Allchin (2017) e Bejarano *et al.* (2019).

No que diz respeito aos aspectos de NDC abordados nos trabalhos, esclarecemos que podem ser agrupados em epistêmicos ou não-epistêmicos. Alguns aspectos epistêmicos de NDC são: distinção entre observação e inferência, leis e teorias científicas, objetividade e subjetividade, evidências empíricas, métodos, criatividade e imaginação. As características epistêmicas se referem aos aspectos cognitivos e/ou racionais relacionados ao conhecimento científico e aos processos e métodos da ciência (Aragón-Méndez *et al.*, 2016, 2019).

Em contrapartida, os fatores não-epistêmicos remetem à personalidade do cientista, relações profissionais dentro da comunidade, comunicação científica, questões políticas, econômicas, entre outros. Apesar de serem didaticamente separados, os aspectos são considerados como um *continuum* pela filosofia da ciência contemporânea, asseveram Acevedo-Díaz *et al.* (2017). Os autores afirmam que a incorporação de fatores não-epistêmicos nas abordagens de NDC tem sido defendida, denotando uma noção mais holística.

Revisões internacionais no contexto de NDC têm demonstrado que os aspectos epistêmicos são os mais presentes nas investigações (Aragón-Méndez *et al.*, 2019), ao passo que os não-epistêmicos são menos comuns nas práticas de ensino de NDC (Aragón-Méndez *et al.*, 2016). Corroborando essa afirmação, a proposta de Lederman *et al.* (2002) apresenta um único aspecto não-epistêmico, denominado “influência sociocultural” – “a ciência, segue, afeta e é afetada por vários elementos e pelas esferas intelectuais da cultura em que está inserida” (p. 501, tradução nossa).

Consideramos que “influência sociocultural” no âmbito de NDC se equivale à “(não)neutralidade científica” no enfoque CTS.

Nos trabalhos analisados, os inúmeros aspectos de NDC que poderiam ser discutidos em sala de aula no âmbito CTS ficam restritos à questão da neutralidade científica, ou seja, às relações entre ciência e sociedade. Desse modo, as abordagens CTS no Brasil, entre outras demandas, exploram um aspecto de NDC pouco discutido internacionalmente. Também, reconhece-se que se trata de um dos aspectos considerados como de mais difícil aprendizado, de acordo com Cofré *et al.* (2019). Mas como os estudos abordam a neutralidade científica?

Os trabalhos 8, 11, 14, 15 são investigações no âmbito CTS voltadas ao processo formativo de licenciados. Em todos eles, é ressaltado que é preciso haver um rompimento na concepção ingênua de NDC dos licenciandos para que a abordagem CTS seja empregada em sua concretude na sala de aula, uma vez que “compreensões equivocadas sobre a natureza da C&T são grandes entraves para a inserção da perspectiva CTS no ensino de ciências” (8, 2015, p. 7). Os autores, frequentemente, concluem que, para o romper dessas visões, os estudantes precisam entender que os interesses econômicos e políticos influenciam a produção científica, de modo a “combater visões de ciências reduzidas” (15, 2017, p. 7).

Outro fator importante que emerge dos trabalhos é que ao pensar em estratégias para discutir o mito da neutralidade científica com os alunos do ensino médio, os futuros professores acabam por modificar suas próprias visões de NDC (antes neutra e cientificista). Em 8, por exemplo, os licenciandos levantam possíveis temáticas como obsolescência programada e consumismo para discutir a (não)neutralidade científica. A discussão de ideias simplistas e descontextualizadas sobre CTS histórica e culturalmente edificadas com os licenciados, como demonstrado em 14, também pôde culminar na reestruturação de suas ideias sobre a neutralidade científica. Em 11, as discussões sobre NDC aparecem associadas às QSC, através do filme “O Óleo de Lorenzo”, tendo os autores destacado os entraves entre cientistas e familiares envolvidos na trama como uma QSC. Nessa investigação, na qual NDC é associada aos mitos sobre C&T, é apontado que as ciências são fruto do empreendimento humano como um aspecto da neutralidade científica. De certo modo, 8 e 11 se apoiam na história das ciências.

No ensino básico, a maioria das investigações em sala de aula (9, 12, 16, 17, 23, 24, 25, 27, 30, 37) também contempla a neutralidade. Mas de qual maneira? Em

16, é salientado que os alunos apresentam uma concepção neutra de ciência, contudo a sequência didática elaborada, cujo tema é etanol, não inclui nenhum momento de discussão sobre neutralidade científica. Espera-se que implicitamente os alunos tenham noções sobre NDC. Nesse estudo, NDC é considerada equivalente aos mitos sobre C&T.

Em 17, foram trabalhadas as inter-relações CTS para o 5º ano do ensino fundamental. Foi questionado aos alunos “do que a ciência se ocupa?”, eles também leram um texto de divulgação científica, cuja função foi demonstrar as diversas áreas que os cientistas podem atuar, com o intuito de romper estereótipos. O texto também contribuiu para desconstruir outras imagens como do “cientista gênio”, ressaltando que atividade científica é fruto do empreendimento humano.

Além da neutralidade, outro aspecto de NDC é discutido, o mito do método científico (aspecto epistêmico). Como alunos e professores acreditam na existência de um método único e universal, os autores atribuíram a eles uma concepção neutra de ciência, embora em outro momento, os professores relataram que os alunos conseguiram entender que temáticas das pesquisas científicas são frutos de demandas sociais, lhes atribuindo assim uma visão não neutra. Isto pode acontecer, porque por vezes um aluno/professor pode entender bem um aspecto de NDC, mas desconhecer outros, apresentando uma concepção fragmentada de NDC.

Em 9, foi averiguado como os elementos da tríade CTS são articulados durante uma sequência didática, cuja temática é AIDS, aplicada a alunos do EJA de biologia. No sexto momento da sequência, elementos da NDC são listados: pesquisa científica e seus critérios de validação, o método científico e os erros no processo de experimentação, trabalho e interesses da comunidade científica, relação entre ciência e interesses políticos e socioeconômicos, preconceito social, homofobia, discriminação, ética e direitos humanos, tecnocracia x participação social. Entretanto, não é relatado no estudo como esses elementos foram discutidos com os alunos, nem mesmo há um destaque quanto à questão da neutralidade científica.

Em 23, os autores chamam atenção para a necessidade de compreender natureza da ciência em sala de aula, mas na descrição da sequência didática, cuja temática é poluição, ela é desconsiderada, assim como em 24, em que também não há destaque para a questão da neutralidade científica. Em 37, é ressaltada a importância da abordagem CTS para a aprendizagem de aspectos relativos a NDC, sendo que as QSC aparecem como forma de viabilizá-la em sala de aula. As

discussões sobre NDC são restritas à neutralidade da ciência, em que são contextualizados aspectos negativos e positivos da radioatividade.

No que diz respeito à forma que a neutralidade vem sendo discutida, é corriqueiro remeter a contextos nos quais a contestação da existência de uma ciência neutra venha atrelada à ideia de uma ciência que produz somente consequências negativas, ou que as convicções dos cientistas estão vinculadas a decisões maléficas. Esse aspecto pode ser abordado por inúmeros vieses. Podemos abordar questões como admitir a influência dos saberes tradicionais e conhecimentos sistemáticos oriundos de povos ancestrais para evitar posturas eurocêntricas, discutir a influência de crenças religiosas e ideologia nas “descobertas dos cientistas” e questões de gênero. A assunção de que o conhecimento científico não é neutro não inviabiliza a prática científica e seus feitos, uma vez que a ética e a honestidade científica também os regulam.

Em 27, sustentado pelos três eixos da alfabetização científica, os autores abordam o rompimento da barragem no Rio Doce, concluindo que o eixo II (responsável pela NDC) foi pouco manifestado nos relatos dos alunos, mesmo após sinalizar que discutiram a (não)neutralidade da ciência, por meio de “laudos controversos, e com atividades cuja proposta era aproximar os educandos de uma cultura científica” (27, 2019, p. 6). As supracitadas atividades tratavam da mimetização, isto é, a imitação do comportamento dos cientistas em laboratório. Do mesmo modo que em 27, 30 se baseia nos três eixos da alfabetização científica, concluindo que o eixo II teve menos destaque em razão da sequência didática impossibilitar a discussão de elementos sobre NDC. Além disso, os autores afirmam que a mimetização do trabalho em laboratório contemplaria a abordagem de NDC. Quando consideramos que a simulação da prática científica, por meio de atividades investigativas, é suficiente para melhorar as concepções de NDC dos estudantes, está se promovendo uma abordagem implícita de NDC (Teixeira *et al.*, 2009), considerada falha por aqueles que estudam sua implementação em sala de aula. Um dos consensos do ramo envolve a defesa de NDC de forma explícita e reflexiva (Marín, 2013; Bejarano *et al.*, 2019), que pode envolver a desmistificação de temas atuais e polêmicos como o negacionismo (Bonfim; Garcia, 2021).

O trabalho 25 é o único que propõe uma articulação, denominada como NDC&T/CTS. Segundo os autores, tal abordagem permite uma maior reflexão das relações CTS, que ficaram restritas a questões relacionadas às características

externas das ciências (fatores não epistêmicos), ao abordar no ramo da microbiologia, a utilização sem controle de antibióticos em vacas leiteiras (e as consequências disso para a sociedade), o desmatamento e a baixa qualificação da mão de obra no campo. Ainda, percebemos que há uma carência não só de temáticas que propiciem um maior engajamento de NDC em sala de aula, como de estratégias de práticas de ensino.

Consideramos que existem várias formas de inserir NDC no âmbito CTS, como por meio de: questões sociocientíficas, experimentação, argumentação, textos de divulgação científica e história das ciências. Essas estratégias ainda podem ser combinadas entre si. A própria QSC apresenta uma corrente que a une à história das ciências. É importante frisar que apenas o trabalho 12 tem a NDC como um construto pedagógico.

Por fim, destacamos que uma questão de relevância nas propostas CTS refere-se à participação social, que vai “desde o acesso à informação até a reivindicação de participação no âmbito das políticas de ciência-tecnologia” (Rosa; Strieder, 2019, p. 127). Santos e Auler (2017) salientam que a dificuldade de entender e reconhecer a importância da participação social nas políticas públicas de ciência e tecnologia se deve à falta de esclarecimento acerca da não neutralidade da ciência e da tecnologia. Um caminho seria trabalhar mais aspectos (incluindo os epistêmicos) da natureza da ciência no âmbito CTS nas salas de aula. Com isso, chamamos atenção para a relevância de discussões sobre a (não)neutralidade, construídas considerando reflexões apresentadas neste tópico.

### **1.5 O que depreendemos deste capítulo?**

Por meio de levantamento bibliográfico, buscamos compreender as relações estabelecidas entre CTS e NDC, em particular, quais os propósitos dessa articulação, de que maneira esses campos têm sido articulados, quais aspectos têm sido discutidos e como isso tem ocorrido. Os resultados foram organizados em três categorias, com as quais destacamos fronteiras nebulosas entre esses campos, mudanças de concepções de ciência e de práticas CTS e a questão da (não)neutralidade científica na sala de aula.

De antemão, fica evidente o fato de nenhum dos trabalhos analisados conceituar NDC ou apresentar suas características de forma sistemática. Apenas um único estudo apresenta NDC como um construto pedagógico. Ou seja, nesses

trabalhos, NDC tem sido desenvolvida sem o devido aprofundamento, o que evidencia uma lacuna dessa articulação.

Também constatamos que praticamente todos os trabalhos explicitam a formação cidadã como finalidade para a educação científica, corroborando com as discussões estabelecidas em nível teórico em ambos os campos (CTS e NDC). Além disso, ressaltam a necessidade de superação de visões ingênuas sobre ciência como algo fundamental para a cidadania. Nessa linha, muitos possuem como objeto de estudo as concepções de estudantes e professores, atrelado ou não a práticas de sala de aula. As avaliações dessas concepções basicamente seguem os padrões dos instrumentos utilizados pela *Consensus View*, ou seja, priorizam a identificação das visões dos sujeitos de forma descontextualizada. Os trabalhos sobre avaliação de concepções denotam que, mesmo de forma tímida, a temática CTS vem demonstrando preocupação em conhecer as compreensões de NDC dos sujeitos, uma vez que reconhecem que questões relacionadas a NDC precisam ser incorporadas na educação básica e na formação de professores de ciências.

Apesar desses consensos, CTS e NDC têm sido articuladas de diferentes maneiras, explicitadas na Figura 2. Em síntese, inferimos que NDC é tratada, pela maioria, como parte do enfoque CTS, sendo, portanto, compreendida como uma meta ou um dos aspectos que compõem a educação CTS. Ainda com relação às articulações, uma das modalidades que se destaca consiste em ilustrar as QSC como uma ferramenta que possibilita articular CTS e NDC, reconhecidas como campos distintos e complementares. Essa complementariedade também está presente nos trabalhos que reconhecem CTS e NDC como eixos da AC.

O aspecto de NDC discutido com maior frequência nos trabalhos é a neutralidade científica, que a nosso ver se equivale ao aspecto “influência sociocultural” presente nas listas consensuais e a determinados aspectos não-epistêmicos. Alguns trabalhos recorrem aos três mitos sobre C&T, caracterizados por Auler (2002), para discutir a neutralidade científica. Dessa análise, chama atenção o fato de não haver discussões aprofundadas sobre o assunto. No geral, a (não)neutralidade é tratada como um jargão, um mantra a ser seguido, mas pouco refletido.

Adicionalmente, nota-se que o uso história das ciências, embora pouco enfatizado nas publicações analisadas, pode ser uma estratégia para diversificar aspectos não-epistêmicos, humanizando a atividade científica e, da mesma forma,

fomentar a abordagem de aspectos epistêmicos quase inexistentes nos trabalhos. Diante disso, enfatizamos a necessidade de uma maior aproximação entre história e filosofia das ciências e educação CTS.

Ainda, destacamos que os esclarecimentos e reflexões aqui apresentados apontam que a confluência entre CTS e NDC, feita majoritariamente de forma não deliberada nos trabalhos analisados, pode representar uma alternativa promissora para as práticas em sala de aula, visto que, além de complementar o entendimento de professores e estudantes sobre o empreendimento científico, fornece subsídios para desconstrução de concepções ingênuas sobre ciências e tecnologia.

Por fim, no contexto amostral, há indícios da necessidade de promover a formação de cidadãos ativos (ou participativos), engajados nos problemas sociais de suas comunidades, em prol de uma sociedade mais justa. Contudo, não são viabilizadas estratégias para tal. No mais, nenhum trabalho aborda o negacionismo científico.

## Capítulo 2 – Elementos da natureza da ciência na educação CTS no contexto da radioatividade<sup>5</sup>

*Se é um cientista, tenta “esconder-se” no que considera a neutralidade de sua atividade científica, indiferente ao uso que se faça de seus achados, desinteressado em sequer pensar a serviço de quem trabalha. Quase sempre, ao ser indagado sobre isto, responde vagamente que está a serviço dos interesses da humanidade (Freire, 1981, s/p).*

De acordo com o Capítulo 1 – Primeiras aproximações entre educação CTS e natureza da ciência na ausência de contexto, a natureza da ciência vem sendo abordada implicitamente na Educação CTS. Isto quer dizer que, de alguma maneira NDC emerge nas pesquisas da área, mas poucas vezes é nomeada. Nesse capítulo, indicamos que na maioria dos trabalhos CTS analisados, NDC se restringe às introduções, sendo mencionada frequentemente como uma das metas da educação CTS. À medida que os estudos se desenvolvem, essa importância é deixada de lado.

A partir da referida análise, destacamos que, no âmbito da educação CTS, discussões relacionadas à (não)neutralidade da ciência e tecnologia envolvem NDC, principalmente em relação a aspectos não-epistêmicos, o que é interessante, porque nos trabalhos NDC tais aspectos são menos enfatizados. Atualmente, há uma tendência de incluí-los motivada por reflexões relacionadas às injustiças sociais (Gandolfi, 2019; Garcia-Carmona, 2024), assunto aprofundado no Capítulo 6 – Seria a justiça social um propósito da articulação CTS-NDC?.

Diante desses resultados, com a intenção de melhor identificar e caracterizar os aspectos que vêm sendo abordados no âmbito da educação CTS, optamos por analisar estudos que tratam uma temática em específico, no caso, a radioatividade. Essa temática foi escolhida devido sua natureza controversa e, apesar de sua onipresença em currículos do ensino básico, ainda é um tema relativamente pouco estudado, como confirma a amostra aqui analisada. Ainda, a radioatividade enseja articulações CTS-NDC por meio de diferentes abordagens e estratégias de ensino.

A radioatividade ganhou mais notoriedade a partir do surgimento de correntes ambientalistas nas ciências e em seu ensino, preocupadas com as consequências do lançamento das bombas atômicas ao fim da II Guerra Mundial. A isto, somam-se as

---

<sup>5</sup> A análise dos trabalhos completos publicados no ENPEC originou o trabalho intitulado “O que estamos discutindo sobre radioatividade e energia nuclear na interface Educação CTS/Natureza da Ciência?”, apresentado no VIII Seminário Ibero-americano Ciência, Tecnologia e Sociedade (SIACTS), em 2022. Link de acesso: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/siacts/article/view/3755/2026>.

críticas ao “progresso” ocasionado pelas tecnociências a partir da década de 1970, o que também coincide com ascensão da educação CTS e a emergência da NDC nos currículos de ciências naturais.

Diante do exposto, este capítulo é dedicado a depreender como os estudos CTS incorporam a NDC no contexto da radioatividade, ainda que de maneira implícita. Desse modo, buscamos responder: quais aspectos da NDC são explorados nessa perspectiva? De que forma? Para isso, utilizamos o perfil de aspectos (não)epistêmicos da NDC, produzido por José-Antonio Acevedo-Díaz e colaboradores.

## **2.1 Uma abordagem dos aspectos (não)epistêmicos da natureza da ciência**

Natureza da ciência abrange saberes abordados em duas dimensões principais, sendo a epistêmica relacionada ao desenvolvimento do conhecimento científico, em complemento à socioinstitucional, referente à moldura sociocultural da ciência (Gandolfi, 2018). Esses saberes são organizados em razão de sua importância para a educação científica, sobre a qual foram produzidas diferentes perspectivas de organização (Amador *et al.*, 2018), a fim de inseri-los nas salas de aulas.

Nessa direção, Aragón-Méndez *et al.* (2019) pontuam que as características da atividade científica podem ser classificadas como epistêmicas e não-epistêmicas, em uma divisão adotada por alguns pesquisadores. Ademais, é importante ressaltar que embora haja a divisão desses fatores, essa distinção já foi *superada* para a filosofia da ciência (Acevedo-Díaz *et al.*, 2017; García-Carmona; Acevedo-Díaz, 2018). A divisão só é feita por uma questão didática. Consideramos que, nessa perspectiva, NDC tem um significado mais abrangente, envolvendo conhecimentos, métodos e práticas, inclusive, para superar críticas mencionadas à visão consensual. Esse é o movimento da maioria das abordagens subjacentes à essa visão, porém consideramos que a referida perspectiva é menos personalista que as demais. Além disso, leva em considerações as relações CTS.

A discussão sobre a abordagem de aspectos (não)epistêmicos apresenta imbricações com outras problemáticas, como contexto de descoberta versus de justificação, explorado pela filosofia da ciência, e abordagem externalista versus internalista, situada na historiografia da ciência.

A contenda internalismo-externalismo dividiu os historiadores da ciência a partir da década de 1930, afirma Motoyama (1975). Para ele, o externalismo, que encontrou adeptos em pensadores socialistas e marxistas, parte de uma explicação da ciência enquanto superestrutura por meio de um escrutínio sobre a infraestrutura. Isto, consideram fatores externos, como os contextos político, social e econômico, como tão importantes quanto aqueles intrínsecos à ciência, assevera Cruz (2006). Em contraposição, internalistas se apoiam na própria teoria para “explicar a estrutura histórica da ciência (Cruz, 2006, p. 165).

O “equilíbrio” entre os polos internalista e externalista, que possuíam como expoentes Koyré e Zilsel, foi desestabilizado com a ascensão da visão kuhiana que sobrevalorizou o externalismo, nublando a visão internalista mesmo em seus aspectos mais positivos (Silva, 2018). Pensadores têm indicado que a confluência entre as duas correntes de pensamento como componentes de um mesmo espectro, em oposição à radicalização de alguma delas, fornece uma visão de conjunto, essencial para a história da ciência (Motoyama, 1975).

Também apresentado na década de 1930, os termos “contexto da descoberta” e “contexto da justificação”, apontam questões fundamentais para filosofia como a forma de concepção de uma teoria (descoberta) e os motivos que fazem com que seja considerada verdadeira (justificação), apontam Miguel e Videira (2011). Os autores detalham que, enquanto o contexto da descoberta engloba os estágios iniciais de concepção teórica, aspectos factuais e construção de hipóteses, o contexto da justificação inclui fatores de verificação, validação e aceitação de uma teoria, de acordo com seu arcabouço lógico e suporte por evidências empíricas.

Vale ressaltar que tanto os debates em torno do externalismo x internalismo quanto os envolvendo o contexto de descoberta x justificação foram superados pelos pesquisadores da história e da filosofia das ciências. Ademais, é importante clarificar que “epistêmico” e “epistemológico”, embora usados de forma equivalente no âmbito educacional, apresentam sentidos diferentes, mesmo nesse contexto. Segundo Allchin (2013), perspectivas epistêmicas abordam, primordialmente, ambos contextos de descoberta e justificação, ao passo que epistemológicas têm o contexto da justificação como foco único.

Outras imbricações estão relacionadas às objeções que surgiram da possibilidade de introduzir história e filosofia no ensino de ciências. Assis (2014) lança mão de preocupações (à época) sobre essa inserção, como tornar o ensino relativista

demais, correndo risco de priorizar aspectos políticos em detrimento de epistemológicos e passar a ensinar história e filosofia, perdendo o foco sobre as ciências (algo que até agora não aconteceu). O autor também prevê o surgimento de uma tendência que leva “em conta tanto os aspectos sociais quanto os filosóficos, metodológicos e conceituais das ciências” (Assis, 2014, p. 157). Podemos dizer que a prioridade dada pela visão consensual à epistemologia da ciência, somada às adições feitas pelos seus críticos, no sentido de abarcar práticas sociais da ciência refletem o cenário descrito pelo autor.

Ainda em consonância com as previsões de Assis (2014), as novas abordagens de NDC, oriundas da crítica à visão consensual, empenham-se em distinguir aspectos epistêmicos de não-epistêmicos, sob uma roupagem contextual. Nessa direção, Allchin (2011), no âmbito da *Whole Science*, abarca dimensões observacionais, conceituais e socioculturais. De modo semelhante, Irzik e Nola (2011) diferenciam sistemas socioinstitucionais e cognitivo-epistêmicos. Erduran e Dagher (2014) indicam que variadas óticas devem ser consideradas ao tratar das ciências.

Acevedo-Díaz *et al.* (2017) argumentam, baseados em uma série de autores, que a inserção de fatores não-epistêmicos nas abordagens da NDC tem sido defendida com o propósito de fomentar uma NDC mais holística. Atribuem esse fato à literatura que tem demonstrado uma prevalência dos aspectos epistêmicos em comparação com os não-epistêmicos, menos comuns nas práticas de ensino da NDC (Aragón-Méndez *et al.*, 2016; Aragón-Méndez *et al.*, 2019; Garcia-Carmona, 2024).

O próprio PISA (*Programme for International Student Assessment*) classifica a seção destinada à avaliação da capacidade dos estudantes de utilizar seus conhecimentos para interpretar afirmações científica como “conhecimento epistêmico” (OCDE, 2016). Ainda, Cofré *et al.* (2019) pontuam que alguns aspectos da NDC (base empírica e observação) são mais fáceis de compreender do que outros (influência sociocultural, por exemplo). No Brasil, muito por influência da educação CTS, os aspectos não-epistêmicos são mais trabalhados em sala de aula (Bonfim *et al.*, 2022), ainda que de maneira não direcionada.

## 2.2 Caminhos metodológicos

Para responder à pergunta: “Quais fatores da NDC emergem no âmbito CTS no contexto da radiatividade?”, foi feito um levantamento bibliográfico, que consistiu

em mapear trabalhos completos publicados nos anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC) nos últimos 12 anos, entre 2011 e 2023, em função da importância do evento para as pesquisas em educação em ciências no país.

Para a obtenção do *corpus*, primeiramente, buscamos os termos “radioatividade”, “nuclear” e “radiação” em títulos, palavras-chave e resumos nos dispositivos de busca dos websites das sete edições do evento. Posteriormente, realizamos uma leitura flutuante dos trabalhos e, desse processo, foram selecionadas 27 publicações. Em seguida, realizamos uma leitura integral, a fim de identificar os estudos nos quais o enfoque CTS participasse do aporte teórico, permanecendo 12 publicações. Os trabalhos completos selecionados estão dispostos no Quadro 2.

Quadro 2: Trabalhos selecionados do ENPEC, entre 2011 e 2023

<b>Título dos trabalhos do ENPEC</b>	<b>Ano</b>	<b>Código</b>
Abordagem do tema controverso Radioatividade/Energia Nuclear em sala de aula no Ensino Médio – Um Estudo de Caso os alunos tiveram que se posicionar	2011	B
Leituras de Sites Relacionados à Energia Nuclear no Ensino Médio	2013	C
Energia Nuclear no Ensino Médio: desenvolvendo atividades didáticas com enfoque CTSA - uma possibilidade para a formação da cidadania os alunos tiveram que se posicionar	2013	D
Radioatividade e CTS: Resultados de uma implementação	2015	E
Relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Poder: leituras imagéticas dos usos e abusos da energia nuclear	2015	F
O Estudo da percepção de professores sobre o uso de novas tecnologias visando à implementação de projetos interdisciplinares	2015	G
“A Menina que Comeu Césio”: articulações entre literatura e ensino de Química	2017	H
Estudo da radioatividade em uma abordagem CTS para o ensino superior: caminhos para a tomada de decisão	2019	I
Do Ensino de Física à Democratização do Debate Nuclear	2019	J
Radioatividade: mocinha ou vilã? Uma sequência de ensino e aprendizagem com foco nas relações CTSA por meio de QSC's cidadania os alunos tiveram que se posicionar	2019	L
CTS e os Textos Complementares dos Livros Didáticos de Química do PNLD 2018: Uma Análise na Temática Radioatividade	2021	M
Abordagem CTS no conteúdo de radioatividade: possíveis contribuições para a participação social do educando	2023	N

Fonte: elaborado pela autora.

Em razão da limitação dos trabalhos completos, no que tange à extensão do texto e exploração das ideias, decidimos acrescentar ao levantamento dissertações

disponíveis no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Optamos por esse catálogo em função de seu status como um repositório abrangente da produção acadêmica brasileira. No mais, consideramos que os trabalhos finais de pós-graduação, devido sua natureza mais aprofundada, podem possibilitar a identificação e caracterização de uma miríade de aspectos em diversos níveis. Com base nisso, primeiramente, foi realizada uma busca, utilizando como palavra-chave “radioatividade”, restrita às áreas de ensino e educação.

Dessa pesquisa, foram encontradas 42 dissertações (D) defendidas até 2023. Em seguida, foram selecionadas as dissertações que apresentam a educação CTS, pelo menos, como um de seus aportes teóricos, resultando em um total de 14 dissertações, apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3: Dissertações selecionadas, ano de defesa e seus respectivos códigos

<b>Título da dissertação (D)</b>	<b>Ano</b>	<b>Cód.</b>
CTS no Ensino Médio: aproximando a escola da sociedade	2003	D1
O enfoque CTS em sala de aula: uma abordagem diferenciada utilizando a Unidade de Aprendizagem na Educação Química	2007	D2
Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência	2009	D3
O legado de Marie Curie: uma abordagem CTS para o Ensino de Radioatividade	2014	D4
Desenvolvimento de recursos e estratégias para o ensino-aprendizagem de Radioatividade	2016	D5
Sequência didática para o ensino de Radioatividade com enfoque CTS no Ensino Médio	2016	D6
Radiação eletromagnética e Radioatividade- uma abordagem em aulas de Química do ensino médio em busca da (re)significação do conhecimento dos alunos	2016	D7
Uma proposta de ensino em física e a democratização do debate nuclear: da Radioatividade aos princípios de funcionamento das usinas nucleares brasileiras	2017	D8
Ensino de física nuclear com enfoque CTS por meio da Experimentação	2018	D9
Radioatividade no Ensino Médio em uma abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)	2019	D10
Análise de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre Radioatividade pautada na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)	2020	D11
A radiação é vilã? possibilidades de alfabetização científica na educação básica	2023	D12
A energia nuclear em uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade como possibilidade de engajamento científico-social	2023	D13
A abordagem CTS e os livros didáticos de química do PNLD: Uma análise sobre a temática Radioatividade	2023	D14

Fonte: elaborado pela autora.

Para identificação de aspectos epistêmicos e não-epistêmicos da NDC nos trabalhos completos e nas dissertações selecionadas, utilizamos o Quadro 4, compilado de tabelas apresentadas por Acevedo-Díaz *et al.* (2017), Aragón-Méndez *et al.* (2018) e García-Carmona e Acevedo-Díaz (2018). Esse quadro (originalmente em espanhol) é citado, ligeiramente modificado e versado para o inglês por Aragón-Méndez *et al.* (2018) e García-Carmona e Acevedo-Díaz (2018).

Quadro 4: Perfil de aspectos (não)epistêmicos de NDC

<b>ASPECTOS EPISTÊMICOS DE NDC</b>	
<b>Natureza dos processos científicos</b>	<b>Natureza do conhecimento científico</b>
Observação e inferência	Características das teorias científicas
Metodologias científicas	Diferenças entre leis e teorias científicas
Papel das hipóteses	Diferenças e relações entre ciência e tecnologia
Papel da experimentação na ciência	Diferenças na interpretação científica de um mesmo fenômeno
Papel dos erros no desenvolvimento da ciência	Caráter provisório das teorias científicas
Influência das crenças, atividades e habilidades dos cientistas	Domínio de algumas teorias científicas sobre outras
Papel dos esquemas de classificação	Caráter tentativo e dinâmico do conhecimento científico
Interesse das controvérsias científicas para avanço da ciência	
Design de pesquisa e resultados experimentais	
Influência da especialidade dos cientistas no planejamento e desenvolvimento de pesquisa científica	
Pergunta que motiva a investigação e objetivos buscados	
Modelos e modelamento em ciência	
<b>ASPECTOS NÃO-EPISTÊMICOS DE NDC</b>	
<i>Fatores internos à comunidade científica</i>	<i>Fatores externos à comunidade científica</i>
Papel da comunicação científica	Influências políticas na ciência
Relações profissionais na comunidade científica	Patriotismo nacionalista
Personalidade dos cientistas	Papel das patentes
Relações pessoais entre cientistas	Contexto histórico, social e cultural
Papel da comunidade científica na aceitação de teorias científicas	Apoio político à pesquisa científica
Habilidade retórica e estratégias semânticas para persuadir através de suas próprias ideias	Apoio econômico à pesquisa científica
Colaboração e cooperação científicas	Influência da sociedade na ciência
Competitividade científica	Influência da ciência na sociedade
Aspectos morais e éticos	Impacto da ciência em assuntos socioeconômicos
Influência de gênero	Ciência e religião
	Papel da imprensa na divulgação científica

Fonte: modificado de Acevedo-Díaz *et al.* (2017) e García-Carmona e Acevedo-Díaz (2018).

O Quadro 4: Perfil de aspectos (não)epistêmicos de NDC foi originalmente publicado por Acevedo-Díaz *et al.* (2017), que propõem uma perspectiva de ensino de

NDC pautada na história das ciências (HC), por meio da abordagem de casos e controvérsias. Em sua perspectiva, os autores se atêm a certas preocupações da HC, ao adaptar narrativas históricas para o contexto educativo, das quais destacamos:

- Não induzir à pseudo-história nem a uma imagem simplista de ciência;
- Não omitir fracassos ou erros;
- Não promover o anacronismo;
- Não promover *whigismo*.

Com base nessas preocupações, eles produziram o Quadro 4: Perfil de aspectos (não)epistêmicos de NDC, que resume os aspectos epistêmicos e não epistêmicos da NDC. Os fatores epistêmicos são subdivididos em: “natureza dos processos científicos” e “natureza do conhecimento científico”. O primeiro refere-se às atividades relacionadas à coleta e análise de dados e à obtenção de conclusões (Lederman, 2006) durante as práticas científicas. Enquanto o segundo remete às características do conhecimento científico que decorrem necessariamente da forma como o conhecimento é desenvolvido (Lederman, 2006). Os fatores não-epistêmicos se subdividem em internos e externos à comunidade científica e representam as dimensões sociais da ciência.

A seguir, apresentamos as reflexões tecidas a partir da análise amostral. Primeiramente, nos debruçamos sobre as impressões gerais (tópicos 2.3, 2.4 e 2.5) dos trabalhos publicados no ENPEC e das dissertações. Por fim, nos dedicamos a uma análise aprofundada dos aspectos epistêmicos e não-epistêmicos da natureza da ciência (tópico 2.6 A radioatividade na educação CTS: um enfoque na natureza da ciência).

### **2.3 Radioatividade, por quê?**

Os ramos dos estudos analisados se concentram nas áreas de química (D1, D2, D3, D5, D6, D7, D11, D12, D13, D14 E, H, L, M, N) e física (D4, D8, D9, D10, B, C, J). Em seguida, tem-se os trabalhos de natureza multidisciplinar (D13, F, G e I) e um único estudo (D – trabalho completo) do campo da biologia. Essa distribuição, mais tendenciosa em relação à física e química, pode ser atribuída à recomendação do ensino de radioatividade em ambas as disciplinas, expressa em documentos curriculares oficiais, argumento que aparece em muitos dos trabalhos. Além disso, são

comuns os estudos que buscam desmistificar a imagem negativa da radioatividade no imaginário social.

A “energia nuclear e radioatividade” é uma das unidades programáticas sugeridas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de física (PCN; Brasil, 2006) e pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC; Brasil, 2017), também frequentemente apresentada em livros didáticos. Na BNCC, a competência “Matéria e Energia” aborda a temática, juntamente com as habilidades e EM13CNT103 e EM13CNT104. Contudo, tais habilidades se restringem ao uso e aplicações da radiação no cotidiano e não entram no mérito de uma abordagem histórica da radioatividade, nem mesmo nas relações CTS.

Em física, a radioatividade é geralmente discutida no campo da Física Moderna e Contemporânea (FMC), sendo a mecânica quântica o principal viés de abordagem. Na química, ela é trabalhada no âmbito de modelos e propriedades atômicas, mais precisamente quando se discute os modelos atômicos de Rutherford e Bohr, além da própria “descoberta” da radioatividade. Interessante notar que tanto os primeiros trabalhos quanto os mais recentes alegam que o ensino de radioatividade ainda é incipiente, um dos motivos que justifica a necessidade de abordar o tema.

Cordeiro e Peduzzi (2011a) sustentam que, embora a radioatividade esteja na interseção entre química e física, os físicos parecem não se interessar por essa temática. Os autores apontam que, na FMC, a radioatividade é uma temática secundária em comparação com a relatividade e partículas elementares. Esse tema é abordado, geralmente, no último bimestre letivo, muito porque os livros didáticos também costumam apresentar a radioatividade no final dos volumes. Além do mais, a radioatividade é corriqueiramente negligenciada em detrimento de conceitos mais frequentes no ENEM.

Além da questão curricular e da incipiência de estudos relacionados à temática, outras razões justificam a escolha da radioatividade pelos estudos analisados:

- Sua natureza controversa e polêmica;
- Propicia a abordagem de questões éticas;
- É um tema corriqueiro nas mídias;
- Possibilita a aplicação de variadas estratégias de ensino;
- Mobiliza a abordagem de conceitos científicos;
- Aproximação com a realidade dos alunos;
- Desperta o interesse dos estudantes;
- Incita a participação social;

- Permite a abordagem de aspectos positivos e negativos ligados ao tema;
- Facilita o diálogo para a tomada de decisão;
- Mobiliza o engajamento científico e social;
- Desmistificação de visões negativas sobre a radioatividade.

A natureza polêmica da radioatividade está relacionada, entre outras questões, à mudança de visão que as pessoas passaram a ter sobre ela com a evolução da ciência. Seguindo os isolamentos dos elementos radioativos, houve grande entusiasmo por parte da sociedade, que os explorava em variados produtos, como roupas, relógios, cosméticos e medicamentos. No entanto, com o aprofundamento nos estudos sobre os efeitos da radioatividade, somado a episódios trágicos, a percepção pública tornou-se predominantemente negativa. Esse caráter negativo tem perdurado (e mesmo se agravado) até os dias de hoje, também devido à disseminação de fake news sobre a temática.

Medeiros e Lobato (2010) relatam que o acesso limitado a informações sobre radioatividade, tanto da escola quanto de outras fontes, reforça a impressão negativa dos alunos, que associam o tema a suas consequências destrutivas, seja para o meio ambiente ou para seres humanos.

#### **2.4 Quais são as temáticas associadas à radioatividade?**

A radioatividade é tratada, mais comumente, como tema central dos trabalhos publicados no ENPEC. Enquanto cinco estudos são focados na radioatividade (E, H, I, L, M), quatro são priorizam a energia nuclear (C, D, F, G). Apenas B e J são direcionados às duas temáticas. Os temas associados à radioatividade nesses trabalhos podem ser vistas na Figura 3.

Dentre os temas abordados, as menções ao acidente com o césio-137, ocorrido em Goiânia no ano de 1987, são as mais frequentes. Geralmente, essas publicações, ainda que de maneira pouco expressiva, exploram elementos históricos, científicos, tecnológicos e sociais do episódio, prevalecendo a abordagem de aspectos externos à ciência.

Nas dissertações D1 e D2, o foco principal é o ensino CTS, com a radioatividade abordada como aplicação. Assim como nos trabalhos completos, a radioatividade em associação com CTS é o tema central da maioria dos mestrados (D3, D4, D5, D6, D9, D10, D11). Nas investigações D7 e D12, a radioatividade é

trabalhada em conjunto com os conceitos relacionados à radiação, visto que há muita confusão entre esses conteúdos. A radioatividade também é apresentada no contexto de usinas nucleares (D8) e energia nuclear (D13).

Figura 3: Termos associados à radioatividade nos trabalhos do ENPEC



Fonte: elaborada pela autora. Produzida no Infogram.

Embora apresentem objetivos claramente distintos entre si, as dissertações recorrem a determinados temas com certa frequência. A nuvem de palavras (Figura 4) evidencia o destaque para temas que remetem a aspectos positivos, como “energia nuclear” e “medicina”, e são praticamente onipresentes nos mestrados analisados. Secundariamente, outros termos de conotação positiva, como “Raio X”, “indústria de alimentos”, “usina nuclear” e “agricultura”, foram trabalhados com frequência pelas pesquisas durante o período. Enquanto “indústria de alimentos” e “agricultura” são apresentados como uma interação com o cotidiano, a expressão “usina nuclear” muitas vezes é considerada um pano de fundo para debates.

Temas com conotação majoritariamente negativa são abordados de maneira recorrente, servindo como contraponto para ampliar a visão dos estudantes. Nesse contexto, os episódios de Goiânia e Chernobil se destacam, seguidos por “lixo nuclear” (ou radioativo), “bomba atômica”, Fukushima, “impactos ambientais” e “acidentes nucleares”. Além disso, “efeitos em humanos” e “guerras” são mencionados. Esses temas, geralmente negativos, estão ligados a episódios históricos que moldaram o imaginário popular sobre os malefícios das tecnologias

envolvendo elementos radioativos. Nota-se uma maior ênfase nos aspectos ambientais, principalmente nos impactos e na contaminação, apesar de haver algumas menções a pontos positivos da energia nuclear, como a baixa emissão de CO<sub>2</sub> em D11.

Figura 4: Expressões vinculadas à radioatividade nas dissertações analisadas



Fonte: elaborada pela autora. Produzida no Infogram.

O uso de narrativas históricas, seja para contextualizar episódios considerados relevantes ou para enfatizar (mesmo que sem intenção aparente) aspectos não-epistêmicos da NDC, resulta na recorrência de menções a Marie Curie, assim como de cientistas que a rodearam. Na mesma linha, há indicações ao prêmio Nobel e ao Projeto Manhattan. Temas direcionados a fundamentos do ensino de radioatividade, como “decaimento radioativo”, “datação” e “radioisótopos” também figuram entre os textos analisados. Com menções pontuais, “reatores nucleares” e “super-heróis” configuram caminhos diferentes para vincular radioatividade a memórias dos estudantes.

A frequência com que as discussões remetem às relações entre vantagens/desvantagens, contra/a favor, benefícios/malefícios sobre o *uso* da radioatividade e energia nuclear reproduz um discurso reducionista de ciência-tecnologia, conforme Rosa e Strieder (2021). De acordo com elas, isso restringe os processos democráticos ao reduzir os mecanismos de participação social. Dessa forma, é oportuno “problematizar a presença de valores na definição da agenda de

pesquisa” (Rosa; Strieder, 2021, p. 2) ao invés de focar apenas no pós-fato. Vale ressaltar que muitas das discussões dicotômicas sobre o uso da radiação surgem no contexto de dissuadir as imagens negativas que os estudantes apresentam, como algo prejudicial à saúde e perigoso para as pessoas.

## 2.5 Quais são as estratégias de ensino?

No que diz respeito ao público-alvo, todas as dissertações contemplam o ensino básico, demonstrando uma carência de estudos voltados à radioatividade na formação de professores, corroborando com Silva *et al.* (2013). Em relação aos trabalhos completos, apenas G e I são voltados ao ensino superior.

A grande maioria dos estudos envolve práticas de ensino (B, C, D, E, F, I, J, L, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12 e D13). Dois estudos são centrados nas percepções de alunos (D2) e professores (G) e três trabalhos são focados na análise de livros (H, M e D14), sendo M e D14 livros didáticos e H uma obra literária. D1 é um estudo de natureza teórica, apresentando um viés mais propositivo, no qual são feitas reflexões com o intuito de promover o enfoque CTS no ensino médio. A dissertação D2 busca compreender a mudança de concepções sobre CTS dos alunos a partir da abordagem da radioatividade em sala de aula.

A maior parte das dissertações busca avaliar os conhecimentos preestabelecidos dos alunos sobre radioatividade e/ou energia nuclear. Em D2, os alunos são instigados a elaborar perguntas sobre os referidos temas, que têm a curiosidade de saber de forma interdisciplinar. Tais questionamentos estão mais relacionados à problematização de conceitos envolvendo a radiação e materiais radioativos, bem como de suas aplicações na área de saúde e na produção de energia. Há também aquelas perguntas advindas de certos medos da população, que tangenciam (e de certa forma podem estar inseridas) em contextos negacionistas, mesmo que esse tema não tenha sido explicitamente abordado.

A história das ciências é aludida em parte das práticas (C, E, F, D3, D4, D5, D6, D7, D10, D11). Na maioria delas, a HC é um recurso usado para abordar o contexto histórico da radioatividade ou de acontecimentos associados a ela, como acidentes nucleares marcantes (Fukushima, Goiânia, Chernobil...). Geralmente, as narrativas apresentadas nos estudos seguem uma lógica linear de desenvolvimento e terminam por reforçar certos estereótipos sobre a ciência, “não se atentando para os

debates e as controvérsias ocorridos por partes dos cientistas, pontuando para uma Ciência previsível, neutra e individualista” (D7 – Furtado, 2016, p. 20). Apenas D3, D7 e D9 se apoiam em aportes teóricos da HC, os articulando à educação CTS.

A história das ciências tem sido utilizada como meio de aproximar educação CTS e NDC, como inferimos a partir da análise realizada no capítulo anterior. Autores têm alegado que a HC possibilita uma abordagem de natureza da ciência menos “ingênua” no enfoque CTS (Costa, 2018), uma vez que propicia aos estudantes concepções mais realistas e humanizadas da prática científica, além de uma maior compreensão de conceitos científicos (Martins, 2015), por também oferecer mais sentido a eles.

A figura de Marie Curie é evocada em E, H, D3, D4, D5, D7, D9, D11, D12, D13 e D14, sendo que em D3 e D4, a biografia da cientista é utilizada como mote essencial das discussões. A vida de Curie é revisitada pelos alunos via filmes, produção de paródias e músicas, vídeos disponíveis no *YouTube*, documentários, dramatizações e livros. D7 ressalta que as narrativas sobre cientistas “humanizam a produção do conhecimento científico, mostram as dificuldades envolvidas no trabalho dos cientistas, as necessidades de aporte financeiro para o desenvolvimento seguro da Ciência” (D7 – Furtado, 2016, p. 58).

Além de Marie Curie, outros cientistas são citados por algumas dissertações (D3, D6, D9, D10, D11) para contextualizar a descoberta da radioatividade, como Antoine Henri Becquerel (D4, D5), Roentgen, Pierre Curie (D5, D7). O exame de livros didáticos de química conduzido por D14 indica a figura de Marie Curie, assim como as de Pierre Curie e Becquerel e mais restritamente de Irène Joliot-Curie, para salientar relações pessoais, colaboração entre cientistas e especialmente a influência do gênero.

O grau de apreensão dos alunos sobre a história de Marie foi avaliado de algumas maneiras, tais como questões escritas, seminários, gravação de vídeos. Na maioria de suas narrativas, são abordados aspectos não-epistêmicos internos à comunidade científica, como as questões de gênero e externos à comunidade, como o impacto da radioatividade na sociedade. Chama atenção que D4 busca relacionar a trajetória da cientista com a realidade dos alunos, usando sua história como “fator de motivação” (p. 10).

Destacamos a dissertação D9, única a aliar experimentação e educação CTS e HC, por meio da abordagem contextual de experimentos com o eletroscópio. A

autora salienta que essa ferramenta foi selecionada por ter sido utilizada por Marie Curie em suas primeiras investigações sobre o fenômeno da radioatividade. Diferentemente de D7, que utiliza a experimentação para contemplar propriedades das radiações a partir de materiais do cotidiano, sem um vínculo com a história da radioatividade.

Sobre as questões sociocientíficas (QSC), alguns trabalhos completos (B, D, I, J e L) apresentam práticas abordadas por meio de controvérsias, incluindo a tomada de decisão. No entanto, somente em L as QSC são teoricamente suportadas. Dentre os estudos, destacamos J, no qual os alunos são imersos em uma situação controversa relacionada à instalação de uma usina nuclear. Eles assumem papéis de diferentes atores com visões ideológicas distintas (governantes, cidadãos, empresários sócios da nova usina, ambientalistas, entre outros), utilizando a técnica de *role-playing*. A partir dessas perspectivas, os estudantes são levados a tomar uma decisão informada cientificamente.

Embora não sejam discutidas explicitamente nas dissertações, as QSC são mencionadas em algumas delas, especialmente no contexto de atividades de júri (ou audiência pública) simulado (a), como em D5, D10 e D12. Outras dissertações apontam “problemas”, “temas” e “temáticas sociocientíficas” (D7, D13) ou mesmo “aspectos sociocientíficos” (D11) a serem incorporados na prática docente ou discutidos em sala de aula (D9).

A pesquisa de D5 é um exemplo de estratégia baseada em tema sociocientífico com tomada de decisão, ao final de uma sequência didática dividida em cinco momentos, dois focados em questões sociais: uma crise hídrica real e uma instalação hipotética de uma usina nuclear. No mesmo caminho, D12 e D13 tiveram a instalação de usinas nucleares como tema, sem explicitar o seu caráter sociocientífico, ao passo que D11 contrapôs pontos sobre a geração de energia e o lixo nuclear resultante.

De acordo com Santos *et al.* (2018), as QSC são bastante atuais no contexto brasileiro. Isso pode explicar a incipiência de trabalhos com essa vertente na amostra analisada. Acreditamos que a abordagem tanto da radioatividade quanto da energia nuclear, como ocorre em B e J, pode possibilitar a abordagem de controvérsias históricas e sociocientíficas (no âmbito das QSC), concomitantemente. Contudo, nos supracitados trabalhos essa perspectiva não é adotada.

As controvérsias históricas acontecem no âmbito das ciências. Oliveira (2014, p. 24) caracteriza controvérsia “como sendo um debate em um campo de desacordo,

em que as práticas individuais alternativas concorrem como candidatos para a modificação de uma prática de consenso”. O autor pondera que o cerne desse tipo de contenda não é obrigatoriamente uma teoria ou hipótese sobre algum fenômeno. Considerando certos casos, o debate pode girar em torno de alguma questão específica ou do grau de confiança de algum instrumento ou método. Enquanto são comuns controvérsias históricas voltadas a elementos pertinentes ao mundo natural, são raras aquelas que se debruçam sobre variados aspectos da prática científica (Oliveira, 2014).

Ao passo que as controvérsias históricas *cessam* no tempo, as sociocientíficas ainda *correm* no tempo. Muitas delas, inclusive, apresentam um componente histórico, em razão de durarem muito tempo, como é o caso das controvérsias em torno da homeopatia, iniciadas no final do sec. XVIII, período de sua idealização por Samuel Hahnemann.

Na realidade, mesmo as que ocorrem *no agora* podem apresentar esse caráter, afinal existe a história do presente. Outra diferenciação entre tais tipos de controvérsias se dá necessariamente pelo engajamento, pelo envolvimento do público, além da comunidade científica. Ainda, as controvérsias sociocientíficas são temáticas relevantes socialmente.

As controvérsias históricas têm o potencial de demonstrar como tem se dado o desenvolvimento conhecimento científico e seus episódios podem propiciar a inserção de NDC em práticas de ensino CTS. Por meio delas, podemos superar visões estereotipadas acerca da ciência como a ideia de um desenvolvimento cumulativo e linear, por exemplo. No que concerne a radioatividade, podemos explorar desde a contenda em torno de algo mais amplo como o debate sobre a continuidade e descontinuidade da matéria, episódio que ocorreu entre o final do século XIX e início do XX, ou mesmo as discussões envolvendo o próprio fenômeno.

Em relação à NDC, as controvérsias são aquelas que ocorrem dentro da comunidade, consideradas necessárias para os avanços científicos. No âmbito da educação CTS, geralmente as controvérsias são sociocientíficas. Assim, uma articulação CTS-NDC poderia envolver tanto a abordagem de controvérsias históricas quanto de controvérsias sociocientíficas.

## 2.6 A radioatividade na educação CTS: um enfoque na natureza da ciência

No geral, poucos são os estudos que contemplam a (não)neutralidade científica e tecnológica, diferindo da análise apresentada no capítulo anterior. Sobre esse aspecto, são discutidos alguns mitos: i) superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista da CT, determinismo tecnológico (J, D3, D5, D8, D11, D13 – Auler, 2002); ii) mito do cientificismo (B, G, D3, D6), mito da ciência objetiva e neutra (Santos; Mortimer, 2002); iii) mito do benefício infinito, mito da autoridade e o salvacionista (D5) (Bazzo, 2003). Adicionalmente, o modelo linear de desenvolvimento também é questionado (B, D1, D5). Esses mitos refletem aspectos não-epistêmicos da NDC, especialmente no que tange à influência mútua entre sociedade e CT.

Uma maneira de evidenciar a não neutralidade nas dissertações se dá por intermédio de discussões sobre os riscos e benefícios dos produtos tecnológicos oriundos da aplicação do fenômeno radioativo. Como mencionado: "compreendendo que ciência e tecnologia não são neutras, que elas podem beneficiar, mas também podem expor a população a riscos" (D9, p. 14), tudo depende de como a sociedade lida com esses produtos. Essa abordagem dicotômica pode simplificar demais as discussões sobre NDC. O que se destaca são as frequentes menções à NDC em quase todas as dissertações (com exceção de D6, D8 e D9), mas raramente mencionada nos trabalhos completos – somente em B, D e L, e ainda assim restritas às introduções. Em alguns casos, há a intenção de discutir elementos da NDC de forma mais explícita, porém muitas vezes isso não ocorre. No campo da NDC, defende-se a abordagem explícita de suas características (mais detalhes ver Capítulo 1 e Bejarano *et al.*, 2019).

Para D1, D2, D4, D5 e D7, a NDC é percebida como uma das metas ou objetivos da educação CTS, conforme excerto: "a perspectiva CTS procura estudar a natureza da ciência, da tecnologia e da sociedade, além das suas inter-relações, com a finalidade de que o aluno compreenda a interdependência destes componentes em uma perspectiva social" (D1, p. 67). Isso representa uma das formas de articulação entre CTS e NDC, como apontado no capítulo anterior (Figura 2a). Em contraste, D3 ressalta que a compreensão da NDC oferece uma visão mais abrangente sobre "ciência, tecnologia e sociedade, como dimensões que se relacionam e se influenciam mutuamente" (D3, p. 45), indicando outras possibilidades de articulação entre CTS e

NDC, conforme Figura 2 . Além disso, D3 destaca que a discriminação de gênero, a "natureza provisória e falível da ciência", a "influência das questões sociais nas decisões de ordem técnico-científica" e a participação social em decisões dessa ordem envolvem, predominantemente, articulações CTS. Vale salientar que os três primeiros aspectos correspondem à NDC quando analisados sob sua perspectiva própria.

Da mesma forma, D4 afirma que um de seus objetivos secundários na prática em questão é “alterar as concepções que alguns jovens têm do que é a ciência, de quem é o cientista, de como a ciência gera tecnologia e de como a sociedade influencia e é influenciada pelo conhecimento científico” (D4, p. 10). Embora D4 reconheça a relação bidirecional entre ciência e sociedade, a visão de que a ciência produz tecnologia pode sugerir uma abordagem intelectualista da tecnologia, conforme apontado por Veraszto *et al.* (2009).

De acordo com os supracitados autores, essa perspectiva vê a tecnologia como um conhecimento prático derivado dos conceitos científicos. Além da falácia intelectualista, Veraszto *et al.* (2009) destacam outras concepções estereotipadas sobre a tecnologia, como a visão utilitarista, a instrumentalista e a ideia de que a tecnologia é sinônimo de ciência. Também são abordadas as concepções de neutralidade e determinismo tecnológico, que apresentam inter-relações. A concepção de neutralidade contrasta com as visões otimistas e pessimistas sobre a tecnologia. Por fim, são destacadas as concepções de universalidade, que ignoram os diversos contextos socioculturais nos resultados do desenvolvimento tecnológico, e a ideia de tecnologia como "sociossistema". Essas discussões podem ser abordadas no contexto da articulação CTS-NDC.

Enquanto D5 destaca a dualidade da radioatividade em relação ao seu uso na sociedade, D6, D7 e D9 concentram-se nas implicações políticas da radioatividade por meio de episódios sobre as bombas atômicas e os acidentes de Chernobil e Goiânia. Em D6, por exemplo, os estudantes avaliaram as decisões políticas dos governantes durante esses eventos. No caso de Chernobil, o governo, temendo um escândalo mundial, optou por não alertar a população, o que acabou agravando o desastre.

Nos Quadros 5 e 6 estão dispostos os aspectos epistêmicos e não-epistêmicos encontrados nas dissertações e trabalhos completos. Em contraste com os trabalhos do ENPEC, os fragmentos de texto das dissertações despontam tanto no contexto de

uma narrativa, por exemplo, sobre a descoberta da radioatividade ou sobre o lançamento de bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki ou ainda sobre os acidentes de Chernobil e Goiânia – quanto no contexto de uma afirmação sobre a ciência ou tecnologia, a partir da reflexão de falas dos estudantes.

Quadro 5: Fatores epistêmicos da NDC na educação CTS no contexto da radioatividade

Aspecto	Excerto de dissertação ou trabalho completo	Código
<b>Natureza dos procedimentos</b>		
Papel das hipóteses	“Esse experimento levou Roentgen a elaborar várias hipóteses e descobrir que os responsáveis pela luminescência na placa não eram os raios catódicos” (D11, p. 35)	D3, D4, D11, D12
Papel da experimentação na ciência	“predomina a visão empiricista e positivista da ciência, em que a observação e a experimentação criteriosa dos fenômenos levam, por indução, ao estabelecimento da verdade” (D3, p. 22)	D2, D3, D7, D9, D10, D11, D12
Modelos na ciência	“A partir da [...] radioatividade, o modelo de Dalton foi sendo substituído por outros mais modernos e que explicavam outros fatos observados que o modelo de Dalton não explicava” (D5, p. 84)	D3, D5, D6, D10, D12
<b>Natureza do conhecimento científico</b>		
Diferenças e relações entre ciência e tecnologia	“a tecnologia possibilita a criação de objetos do conhecimento científico, o que significa dizer, que a mesma racionalidade presente no saber da Ciência que serve para interpretar a natureza, agora passa a ser usada nos processos tecnológicos” (D2, p. 43)	D2, D3, D6, D7, D11, D13, D14
Provisoriamente conhecimento científico	“Os cientistas acreditavam que a concentração de césio radioativo nos alimentos e na água caísse em poucos anos. Teoricamente, o césio deveria fixar-se no solo e em pouco tempo deixaria de ser absorvido pelas plantas e animais. Não foi o que ocorreu” (D1, p. 102)	D1, D3, D4, D6, D7, D8, D11, D12, D14
Diferenças na interpretação de um fenômeno	“Estes ‘raios’ eram, na realidade, partículas e radiação emitidas espontaneamente pelos átomos de sais de urânio estudados por Bequerel. Em seus estudos, Madame Curie observou que a radioatividade não é uma propriedade que se limita somente aos átomos de urânio, o que abriu caminho para novas pesquisas, realizadas não somente pelo casal Curie e Bequerel, mas também por Rutherford e mais tarde por Paul Ulrich Villard, Hans Geiger, dentre outros” (B, 2011, p. 4)	B
Caráter dinâmico do conhecimento científico		D3, D7, D14

Fonte: elaborado pela autora.

O levantamento dos aspectos epistêmicos das dissertações revelou que, quando a experimentação é discutida, os trabalhos recorrem à desconstrução de visões empírico-indutivas apresentadas pelos estudantes.

Outro aspecto epistêmico, o papel dos modelos na ciência, é mencionado na esfera da química, por meio de paralelos entre a evolução dos modelos atômicos com a “descoberta” da radioatividade e o caráter provisório do conhecimento científico. Essa abordagem transmite uma noção linear da evolução da ciência. Além disso, transmite a impressão de que um modelo é substituído pelo outro. Esses modelos coexistem na química e são usados para problemas pertinentes de seu cotidiano. No mesmo caminho, a crítica ao modelo linear de desenvolvimento do conhecimento

científico apresentada por alguns trabalhos, como em D8, de certa forma, também evoca o referido caráter provisório do conhecimento científico, ao apontar falhas na perspectiva acumulativa desses saberes.

A sistematização dos elementos de NDC revelou o predomínio de aspectos externos à comunidade científica. A influência da política na produção do conhecimento científico é o aspecto não-epistêmico mais frequente nos estudos. Essa relação é apresentada sob uma miríade de abordagens, desde episódios históricos (como em D6) até notícias contemporâneas (D8, D10), além de situações hipotéticas para exercitar a tomada de decisão dos estudantes (D5). No mesmo âmbito, nota-se elevada frequência de discussões que remetem às influências que a sociedade exerce sobre a ciência e a tecnologia e vice-versa. Como moldura para esses debates, o contexto histórico, social e cultural é frequentemente considerado, visando introduzir episódios relevantes ou situar os estudantes em cenários a serem analisados.

Ao tomar os aspectos internos à comunidade científica, há um destaque para as questões éticas e morais, que são enfatizadas pelo movimento CTS como centrais para o desenvolvimento científico e tecnológico (D1, D9, D12). A vida de Marie Curie, seus feitos e opressões sofridas são relatadas quando se discute questões de gênero (D6 e D7, por exemplo). São apontados principalmente elementos relacionados ao seu pioneirismo em várias ocasiões, bem como suas condições precárias de trabalho e os percalços sofridos até o reconhecimento pela comunidade científica.

Sobre as relações pessoais, a relação do casal Marie e Pierre Curie, ainda que superficial, é retratada com mais frequência nos estudos que tratam de sua biografia, além da relação de uma das filhas do casal, Irène Joliot-Curie, com o legado dos pais (D14). Outra relação pessoal que aparece nos estudos é a da família Curie com Henry Becquerel (vide D9), como parceiro de pesquisas de correceptor do prêmio Nobel em 1903. Este último ainda é referido em sua ascendência, já ligada ao meio científico através da figura de seu avô (D11).

Apesar de evidenciarmos trechos que poderiam explorar a competição e cooperação entre cientistas, esse tópico carece de maior aprofundamento na amostra analisada. Essa observação é especialmente sensível no que tange às contribuições e corrida para a compreensão do fenômeno da radioatividade, o que é abordado em maior ênfase em D11. Do mesmo modo, aspectos como o papel da imprensa, patriotismo nacionalista e o apoio político e econômico à pesquisa científica são timidamente expressos ao longo das dissertações analisadas.

Quadro 6: Fatores não-epistêmicos de NDC presentes na amostra analisada

Aspecto	Excerto de dissertação ou trabalho completo	Código
<b>Interno à comunidade científica</b>		
Influência do gênero	"[Marie Curie] descobriu os elementos Rádio e Polônio e foi a primeira mulher a ganhar um Prêmio Nobel. Foi laureada duas vezes, mesmo diante de todo o preconceito de gênero que permeava a ciência da época" (D4, p. 10)	D3, D4, D5, D7, D12, D14
Cooperação e competitividade	"As conexões entre as trajetórias acadêmicas de alguns dos mais expressivos cientistas desta geração corroboram a percepção da ausência de gênios isolados nas Ciências, mas sim, de um trabalho cooperativo, ao longo de gerações e produzido por diversas mentes" (D12, p. 46)	D3, D4, D11, D12, D14
Questões éticas e morais	"Juntos com os produtos que prometiam verdadeiras revoluções para humanidade, viam as fraudes. Diversos deles, principalmente a água, diziam possuir níveis de radioatividade, se aproveitando da falta de conhecimento da população, e na verdade não possuíam" (D5, p. 82)	D, F, D1, D2, D5, D6, D7, D8, D10, D12, D14
Relações pessoais entre os cientistas	"Como seu pai e avó haviam trabalhado com materiais fosforescentes, Becquerel decidiu verificar se os seus materiais apresentavam alguma propriedade" (D11, p. 36).	D3, D4, D5, D9, D11, D12, D14
<b>Externo à comunidade científica</b>		
Influências políticas na ciência	"radioatividade possui relação com a política e a sociedade por ter sido utilizada nas guerras por motivos políticos e sociais" (D6, p. 79)	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D14
Patriotismo nacionalista	"O fato é que a produção de energia nuclear, para fins pacíficos ou militares, tem sido considerada um elemento-chave para o desenvolvimento de alguns países, ao longo do processo histórico, pois impacta a capacidade industrial desses países e afeta, muitas vezes, sua própria narrativa e estratégia de sobrevivência dentro do sistema internacional." (D13, p.22-23)	D7, D13
Contexto histórico, social e cultural	"questões políticas e ideologias agravaram o acidente de Chernobyl, pois evitaram que a população fosse informada imediatamente sobre o acidente, o que demonstra que as questões científicas e tecnológicas estão inseridas em um contexto histórico e cultural" (D3, p. 85)	D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D11, D12, D14
Apoio político à pesquisa científica	"A origem da política nacional brasileira relativa à energia nuclear surgiu na década de 1930, quando os primeiros estudos na área nuclear tiveram diversas aplicações. Ela nasceu relacionada a interesses militares" (D13, p. 22)	F, D7, D13
Apoio econômico à pesquisa científica	"Em nosso país não houve à época investimento na produção científica e tecnológica, o que se observou foram tentativas de progresso econômico sem a integração da sociedade nesse processo" (D7, p. 24)	D1, D7, D13
Influência da sociedade na ciência e tecnologia	"O compromisso das tecnologias com a sociedade deve ser estabelecido antes do desenvolvimento delas, definindo qual será o uso, pois poderão ser desenvolvidas para benefícios ou para malefícios da sociedade, como quando aplicadas para um diagnóstico médico (Raios X) ou para dizimar uma população inteira (bomba atômica)" (D10, p. 69).	H, D1, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13
Influência da ciência e da tecnologia na sociedade	"Técnicos da área nuclear brasileira produziram secretamente, no ano passado, um estudo com o objetivo de reativar a construção de usinas nucleares no País nos moldes do acordo firmado entre Brasil e Alemanha" (D1, p. 105)	F, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D11, D12, D13, D14
Impacto da ciência em assuntos socioeconômicos	Há uma desigualdade [entre pobres e ricos], portanto, em relação ao acesso aos conhecimentos mais atuais sobre ciência e tecnologia (H, 2017, p. 5)	H, D1, D10, D14
O papel da imprensa na divulgação da CT	"Esse período, na Europa, foi chamado de belle époque, no qual revistas e informativos científicos divulgavam com uma linguagem simples, o bem-estar promovido pelas descobertas da ciência em aplicações comerciais cotidianas, em especial a Radioatividade" (D14, p. 51)	H, D7, D10, D11, D13, D14

Fonte: elaborado pela autora.

De acordo com Oliveira e Guerra (2013), é possível identificar nas investigações de Marie Curie o entendimento de que a radioatividade se refere às partículas subatômicas e a emissão de radiação está relacionada a liberação de partículas, resultando na perda de massa. Explicação que contrasta com a de outra corrente vigente na época, encabeçada por Lord Kelvin, que considerava que a radiação derivava da interação das ondas de éter com o átomo. Ao postular que esse fenômeno se processaria no éter, que seria algo que preenchia o espaço, Kelvin apresenta uma ideia contínua da matéria, oposta àquela defendida por Curie. Nesse contexto, os autores apontam alguns aspectos da NDC que poderiam ser abordados em sala, como a concepção de ciência como uma construção humana; a influência do nacionalismo, pois a disputa se concentrava em duas diferentes visões defendidas por dois diferentes países. Ao passo que os alemães defendiam o modelo contínuo, os ingleses defendiam o modelo descontínuo.

Outro elemento seria o mito do método científico, uma vez que os experimentos desenvolvidos foram enviesados por teorias e hipóteses defendidas por cada lado. Outros seriam “diferenças na interpretação de um fenômeno” e “critérios de validação do conhecimento”. Possibilitando assim, a discussão de aspectos epistêmicos e não-epistêmicos. Alguns desses fatores foram identificados nas dissertações, analisadas adiante. No que se refere às contendas em torno da “descoberta” da radioatividade em si, podem ser salientadas as diferentes visões para interpretação dos chamados “raios de urânio” ou “raios de Becquerel”. Inclusive, no excerto em destaque no Quadro 5, o termo “raios” se encontra destacado para reforçar que se tratava, na realidade, de radiação.

Henri Poincaré, em suas revisões sobre os (então) recentes trabalhos publicados sobre raios-X, conclui que tais raios poderiam ter uma relação com o fenômeno de fluorescência, como afirma Martins (1990). Segundo o autor, uma série de cientistas, dentre eles, Becquerel seguem essa “pista falsa” que o leva a “esgotar” o tema e não chegar a conclusões substanciais “nem [sobre] a natureza das radiações emitidas pelo urânio nem [sobre] a natureza subatômica do processo”. A partir dessa falta de interesse acadêmica pela temática que Marie Curie encontra uma lacuna para ser explorada em sua tese de doutorado.

De acordo com Laudan *et al.* (1993), é costumeiro ter bastante debate sobre a autenticidade de determinado fenômeno “quando um cientista encontra um fenômeno aparente que não foi antecipado pela teoria, mas que parece ser genuinamente novo

e importante” [...]. Somente quando o fenômeno resiste a prolongado escrutínio é que ele é reconhecido como uma descoberta genuína” (Laudan *et al.*, 1993, p. 53).

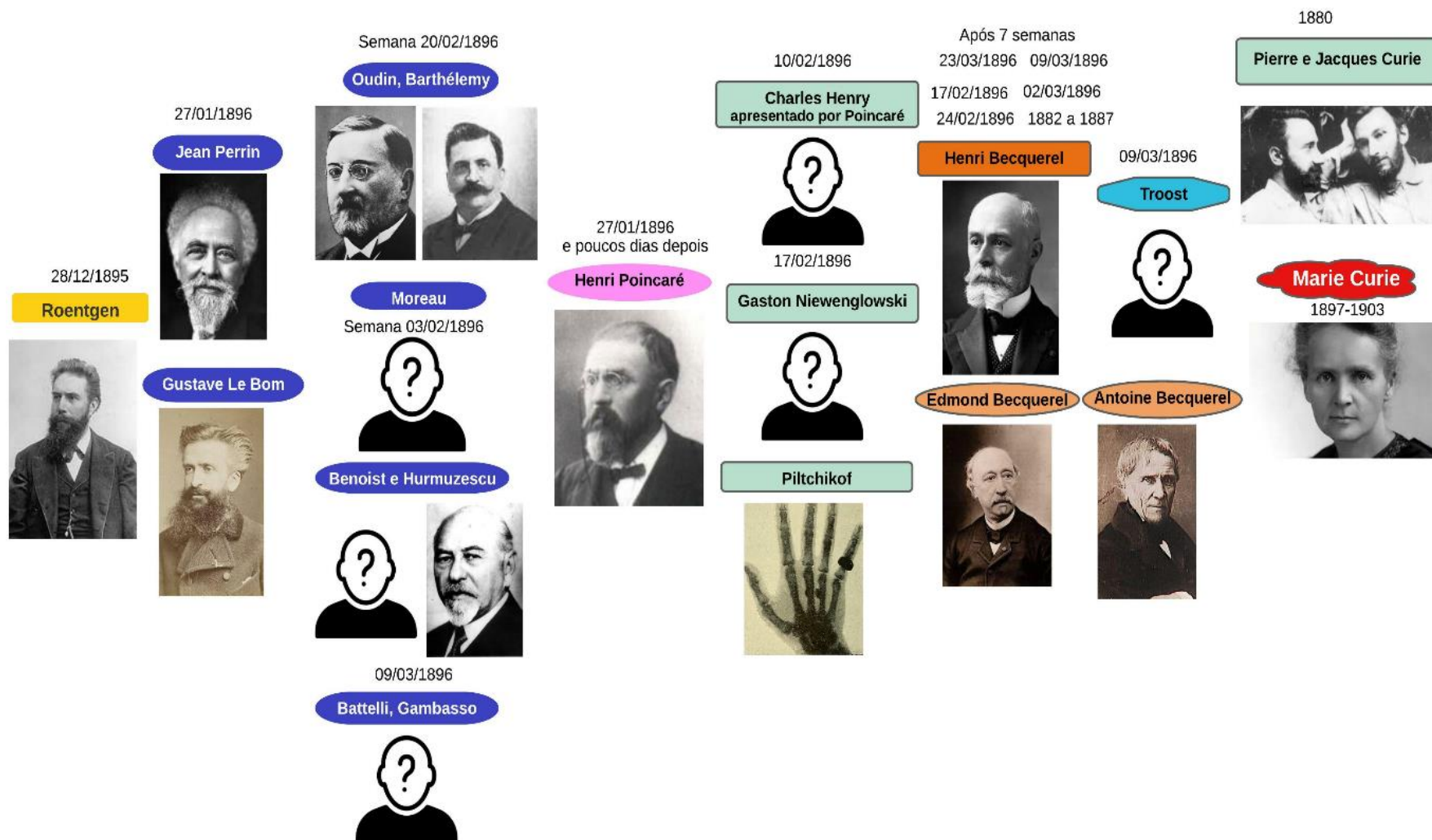
Considerando exclusivamente o pequeno trecho narrado sobre a controvérsia da radioatividade, é possível discutir vários aspectos epistêmicos de NDC como a criatividade, o papel da experimentação para a compreensão da radioatividade, metodologias científicas, domínio de algumas teorias científicas sobre outras, influência da especialidade do cientista no planejamento e desenvolvimento de uma investigação científica, entre outros.

Sobre a figura de Marie Curie, podem ser abordadas questões de gênero, uma vez que Marie Curie sofreu opressão por ser mulher em vários momentos de sua trajetória, desde os percalços enfrentados para se tornar uma cientista à dificuldade de ser aceita por seus pares. Além da dificuldade que enfrentou para ser admitida como professora na universidade de Sorbonne. Também podem ser exploradas questões relacionadas à xenofobia que Marie sofreu por ser polonesa. Aspectos relacionados ao patriotismo, como a homenagem feita por Marie ao seu país, a Polônia, ao nomear um dos dois elementos como polônio, entre outros.

A rede de cientistas e suas relações nesse período, conforme apresentado na Figura 5, é complexa e envolve diversos colaboradores, a maioria dos quais não retratada na amostra analisada.

Ao comparar o panorama de aspectos emersos das análises, podemos notar a partir dos quadros que os aspectos *não-epistêmicos externos à comunidade científica* prevalecem a nível de quantidade e frequência (Quadro 7).

Figura 5: Rede de cientistas envolvidos na descoberta da radioatividade



Fonte: elaborado pela autora a partir de informações de Segrè (1987) e Martins (1990).

Quadro 7: Panorama dos aspectos da NDC nas dissertações com enfoque CTS. Os aspectos mais frequentes estão em laranja

Elementos da Natureza da Ciência	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14
<b>ASPECTOS EPISTÊMICOS</b>														
<b>Natureza dos procedimentos</b>														
O papel das hipóteses			x	x							x	x		
O papel da experimentação		x	x				x		x	x	x	x		
Modelos na ciência			x		x	x				x		x		
<b>Natureza do conhecimento científico</b>														
Diferenças e relações entre C&T		x	x			x	x				x		x	x
Caráter dinâmico e provisório do conhecimento científico	x		x	x		x	x	x			x	x		x
<b>ASPECTOS NÃO EPISTÊMICOS</b>														
<b>Interno à comunidade científica</b>														
Influência do gênero			x	x	x		x					x		x
Cooperação e competitividade			x	x							x	x		x
Questões éticas e morais	x	x			x	x	x	x		x		x		x
Relações pessoais entre os cientistas			x	x	x				x		x	x		x
<b>Externo à comunidade científica</b>														
Influências políticas na C&T	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Patriotismo nacionalista							x						x	
Contexto histórico, social e cultural			x	x	x	x	x	x	x		x	x		x
Apoio político à pesquisa científica							x						x	
Apoio econômico à pesquisa científica	x												x	
Influência da sociedade na C&T	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	
Influência da C&T na sociedade	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
Impacto da ciência em assuntos socioeconômicos	x									x				x
Papel da imprensa								x		x	x		x	x

Fonte: elaborado pela autora.

## 2.7 Quais as principais conclusões deste capítulo?

Com base na análise tecida, percebemos seis principais aspectos da natureza da ciência que se destacam no contexto da educação CTS, a partir da temática da radioatividade. Dentre os aspectos epistêmicos, são mais recorrentes “caráter dinâmico e provisório do conhecimento científico”, “o papel da experimentação” e “diferenças e relações entre C&T”. Para abordar a provisoriedade do conhecimento científico recorre-se ao aspecto não-epistêmico “contexto histórico, social e cultural”, apesar de serem incipientes vínculos mais formais com HC. Corroborando com isso, pois têm sido incipientes artigos que se preocupam em abordá-la sob o ponto de vista da história e filosofia das ciências (Cordeiro; Peduzzi, 2011b).

Ao considerar os aspectos não-epistêmicos, há mais menções a “influências políticas na C&T”, “influência da sociedade na C&T” e “influência da C&T na sociedade”. Vale salientar que esses aspectos são basilares na construção de práticas alicerçadas na educação CTS, visto que contemplam a ascendência que determinados setores da sociedade exercem sobre a CT e vice-versa. Ademais, são aspectos externos à comunidade científica, que apresentam uma relação mais íntima com os produtos da C&T, não com os processos científicos e tecnológicos, o que restringe a certos tipos de participação social, dificultando a ação sociopolítica. O Quadro 8 resume os aspectos prevaletentes na interface educação CTS-NDC no contexto da radioatividade. Vale salientar que tais aspectos podem variar de acordo com a temática.

Quadro 8: Aspectos (não)epistêmicos na interface CTS-NDC

<b>Aspectos epistêmicos</b>	O papel da experimentação
	Diferenças e relações entre C&T
	Caráter dinâmico e provisório do conhecimento científico
<b>Aspectos não-epistêmicos</b>	Influências políticas na C&T
	Influência da sociedade na C&T
	Influência da C&T na sociedade

Fonte: elaborado pela autora.

Enquanto o campo NDC considera a forma como os cientistas geram e validam dados e conhecimentos mais importante do que as próprias afirmações científicas

(Azevedo; Scarpa, 2017), na educação CTS o foco é em quem define o problema, a pesquisa científica e o que será pesquisado. Esse problema tem um vínculo com a realidade local? O que está sendo pesquisado sobre energia nuclear ou radioatividade? Quem está pesquisando sobre isso? Quem definiu essas questões? Quais as implicações dessas pesquisas? De onde provém os recursos para essas pesquisas? Como irá impactar a sociedade? A população foi consultada ou participou das decisões? São questionamentos pertinentes à educação CTS, o que possibilita uma complementação com a NDC.

Na literatura de NDC, há uma tendência dos trabalhos internacionais de enfatizar aspectos epistêmicos (Aragón-Méndez *et al.*, 2016; Aragón-Méndez *et al.*, 2019). Esses dados contrastam com as nossas conclusões. Possivelmente, os países da América Latina sublinham aspectos não-epistêmicos no âmbito CTS, pois se referem a características que tocam no íntimo dos problemas enfrentados na região. A título de exemplo, têm-se problemas como falta de financiamento, desigualdade social e ausência de interação da sociedade sobre decisões que envolvem ciência e tecnologia, temas, de certo modo, abordados nos trabalhos em destaque no que se refere, principalmente à energia nuclear.

Baseado em Gil-Pérez *et al.* (2001), consideramos que outra hipótese para a menor incidência de aspectos epistêmicos no âmbito CTS diz respeito à própria natureza do movimento, que privilegia as complexas relações CTS em combate a visões neutras sobre a atividade científica. Além disso, a incipiência de tópicos referentes à NDC nos currículos também pode ser compreendida como mais uma razão para tal.

Este capítulo ratifica que, mesmo de maneira “acidental” (ou implícita), a natureza da ciência tem sido incorporada à educação CTS. Nas práticas educativas, as controvérsias históricas aliadas as controvérsias sociocientíficas podem ser uma via de articulação entre CTS e NDC. Contudo, ainda há uma necessidade de reforçar a importância de saber sobre ciências (e tecnologia) de modo a direcionar a integração CTS-NDC para o campo intencional, articulando às ações sociopolíticas.

## Capítulo 3 – O ativismo sociopolítico: perspectivas para a articulação CTS-NDC<sup>6</sup>

*Ser Alfabetizado não é ser livre; é estar presente e ativo na luta pela reivindicação da própria voz, da própria história e do próprio futuro (Giroux, 2011, s/p).*

A contemporaneidade, marcada pelo negacionismo, demanda uma outra educação científica, caracterizada por problematizações em torno do empreendimento científico-tecnológico e pelo desenvolvimento de culturas de participação. Esse propósito movimenta nossas reflexões em torno das aproximações entre educação CTS e NDC, até este momento, analisadas na ausência de contexto (Capítulo 1 – Primeiras aproximações entre educação CTS e natureza da ciência na ausência de contexto) e no contexto da radioatividade (Capítulo 2 – Elementos da natureza da ciência na educação CTS no contexto da radioatividade).

Dando continuidade aos estudos dos (des)enlaces entre CTS e NDC, neste capítulo, apresentamos uma abordagem educacional que tem se preocupado com aspectos de ambos os campos, trata-se do Ativismo Sociopolítico (ASP). Portanto, para compreender o que é considerado relevante nesse âmbito, nos debruçamos sobre a seguinte questão: *o que caracteriza as práticas de ativismo sociopolítico desenvolvidas no ensino de ciências?* Sendo assim, este capítulo objetiva caracterizar práticas educativas fundamentadas pelo ativismo sociopolítico na educação científica. Para tanto, apoiamo-nos em trabalhos desenvolvidos pelo grupo coordenado pelo professor Pedro Reis, um dos pioneiros na investigação de relações entre o ativismo e a educação em ciências.

### 3.1 Caminhos metodológicos

No presente capítulo, apresentamos um levantamento bibliográfico, cujo *corpus* é composto por dissertações referentes ao ativismo. As dissertações foram

---

<sup>6</sup> Este capítulo apresenta o artigo intitulado “Aprender agindo: iniciativas de ativismo sociopolítico em práticas educativas de Ciências”, publicado na *Ciência & Educação*, v. 30, em 2024.

Link de acesso ao artigo: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/fgKb5796PPjvkRjNcvJH9Fg/>.

Os resultados parciais foram apresentados como resumo expandido no Encontro “A boa Educação na Escola”, organizado pela Sociedade Portuguesa de Educação, no contexto do estágio sanduíche. As atas do evento estão disponíveis em: <https://boaeducacaonaescola.eventqualia.net/pt/2023/inicio/atas/>.

selecionadas a partir do repositório da Universidade de Lisboa, além de outras disponibilizadas pelo professor Dr. Pedro Reis.

Uma busca inicial pelo termo *ativismo* nas dissertações publicadas no Instituto de Educação identificou 30 trabalhos. Considerando que o foco dessa pesquisa é a Educação em Ciências, filtramos, por meio de leitura flutuante, 12 dissertações voltadas à Didática das Ciências. Então, selecionamos aquelas em que o referido termo consta no título, palavras-chave e/ou resumo, compreendendo um total de oito trabalhos. Ainda, incluímos duas dissertações disponibilizadas pelo referido professor. Os trabalhos estão dispostos no Quadro 9.

Quadro 9: Dissertações selecionadas sobre ativismo na Didática das Ciências e seus respectivos códigos de análise. \*fornecidas pelo Prof. Pedro Reis

Ano	Autor	Título	Cód.
2013	D'Abreu	Os blogues e o ativismo sobre problemas ambientais no 5º ano de escolaridade	A1
2013	Esperto	A promoção da literacia científica e da cidadania através de ativismo fundamentado	A2
2013	Marques	As potencialidades de uma abordagem interdisciplinar entre as ciências naturais e as tecnologias de informação e comunicação no desenvolvimento de um projeto de ativismo ambiental	A3*
2014	Fernandes	Uma experiência de ativismo coletivo para resolução de problemas ambientais no âmbito da disciplina de ciências naturais de 5º ano	A4
2015	Cruz	Questões sociocientíficas controversas para a promoção do ativismo social em física e química: um estudo com alunos do 11º ano	A5
2016	Watanabe	Questões sociocientíficas e a gestão democrática na formação inicial e continuada de professores: as potencialidades na web 2.0	A6
2019	Menezes	Potencialidades educativas da conceção e da dinamização de exposições interativas nas aprendizagens dos alunos sobre o equilíbrio do corpo humano e a manutenção da saúde	A7
2019	Damião	As potencialidades das exposições científicas sobre Ocupação Antrópica e Problemas de Ordenamento na promoção do ativismo em alunos de 11.º ano de Biologia e Geologia	A8*
2020	Terce	Cola & anima: a animação digital como ferramenta de ativismo sociopolítico	A9
2021	Silva	O projeto conexão jovem: uma iniciativa de empoderamento, inovação e ativismo	A10

Fonte: elaborado pela autora.

Para o exame do *corpus*, utilizamos princípios da Análise Textual Discursiva, uma metodologia de natureza qualitativa, cujo intuito é construir novos entendimentos a partir de interpretações sobre discursos e fenômenos (Moraes; Galiazzi, 2016).

Primeiramente, as dissertações foram desconstruídas linguisticamente (processo de unitarização). Em seguida, foi feita a categorização, através da síntese por comparação dos elementos unitários. Da análise, emergiram três categorias, a posteriori: (1) Conceito(s) de ativismo: articulando princípios para ações fundamentadas; (2) Ação com propósito: transformando temáticas em ativismo; (3) A força do ativismo: ressoando valores, atitudes e sentimentos. Por fim, apresentamos a seguir o metatexto oriundo das análises tecidas, que configura a terceira etapa do método em questão.

### **3.2 Conceito(s) de ativismo: articulando princípios para ações fundamentadas**

Na maioria dos trabalhos analisados (A1, A2, A3, A4, A5, A7, A10), o ativismo é caracterizado como uma *ação comunitária fundamentada* em conhecimento científico e investigação, realizada pelos próprios estudantes. Esta ação objetiva torná-los mais críticos e ativos em relação à produção de conhecimentos científicos, deixando de ser apenas consumidores passivos desse conhecimento (Reis; Tinoca, 2018). Nessa fundamentação, são mobilizados conhecimentos e processos científicos, em articulação com valores, sentimentos e atitudes, considerados essenciais para as iniciativas de ativismo (Reis, 2021b). O ativismo é conceituado como “[...] um processo pautado na ação fundamentada e reflexiva, indo ao encontro dos ideais de consolidação do cidadão solidário e responsável em relação ao seu meio” (A9, Terce, 2020, p. 16). Reflexão que diz respeito não só ao conhecimento científico e tecnológico em si, mas também ao reconhecimento de suas próprias capacidades para poder gerar transformações sociais.

O ativismo também é conhecido como *educação para o empoderamento*, isto é, uma educação voltada a fornecer poder a quem não tem, que está relacionado “[...] ao desenvolvimento do sentimento e da capacidade de se intervir com êxito em determinada situação” (A1, 2013, p. 10). Destacamos também a noção de *ativismo democrático*, orientado para a participação efetiva dos alunos no mundo, que se dá por meio do estímulo da participação dos alunos em ações coletivas realizadas democraticamente na resolução de problemas (A6). Ademais, o ativismo “[...] pressupõe um conjunto de práticas que implicam a criação de oportunidades para que os alunos identifiquem problemas pertinentes e, visando a sua resolução, queiram

intervir agindo” (A3, 2013, p. 62). Esta ação deve envolver pesquisas e compartilhamento dos conhecimentos apreendidos.

Ainda, na amostra, destaca-se o conceito de *ativismo ambiental*, que inclui as noções anteriores de ativismo em um contexto voltado para questões ambientais, como poluição e escassez de água. Tal expressão se encontra presente em algumas dissertações (A3, A7), contudo seu conceito não é explicitamente debatido. Mesmo que alguns trabalhos não o tragam de forma nominal, o ativismo ambiental está presente devido à abordagem de temáticas que aludem à educação ambiental, como observado em A1, A2, A3, A4, A5, A8 e A9. Na abordagem desse tipo de ativismo, o ambiente é compreendido como socialmente construído e reconstruído, por meio das nossas ações.

Há, portanto, múltiplas definições, ligeiramente diferentes, atribuídas ao ativismo, o associando a processo, ação, práticas e teoria de aprendizagem, em um espectro mais amplo. O ativismo é qualificado como coletivo (A1, A2, A3, A4, A5, A7, A10), ambiental (A3, A7), democrático (A6), sociopolítico (A2, A9), social (A6), comunitário (A1, A2), socioativismo (A9), sociocientífico (A4, A7), juvenil (A10), entre outros. Entretanto, no presente estudo, destacamos a fundamentação em conhecimento científico e tecnológico e a coletividade como elementos que se sobressaem nas conceituações.

Além disso, o ativismo vem sendo associado a outros referenciais teóricos e posto em ação por diversas estratégias, suportadas por variados recursos e ferramentas. Nessa linha, a apropriação de conhecimentos sobre as interações CTSA é um dos pilares das práticas orientadas pelo ativismo, como pontua A7, assim como Reis (2014) e Linhares e Reis (2016). Da mesma forma, é salientado por A2 que as QSC possibilitam a compreensão das interações CTS e do conhecimento processual, por meio do planejamento e realização de investigação/pesquisa sobre as temáticas abordadas. A5 vai mais além e afirma que as QSC controversas advêm das interações CTSA. O ensino por investigação também desponta como uma estratégia que dá suporte às iniciativas de ativismo.

Na esfera do ativismo, as QSC e os recursos educacionais digitais se configuram como fundamentais, pois viabilizam as capacidades de intervenção social. Muitas vezes, ambos são utilizados de forma sinérgica em estratégias de ensino. Vale ressaltar que há uma distinção entre ativismo e intervenção social (também conhecido como participação social em algumas investigações), sendo esta última o nível mais

alto de ativismo. Nesse caso, as QSC são “[...] fortemente atreladas a reflexões sobre as condições e condicionantes da ciência sobre o mundo vivido pelos alunos” (A6, 2016, p. 21). Portanto, ao abordar QSC no contexto do ativismo, conhecimentos científicos, sobre NDC e questões morais são mobilizados, de modo a potencializar o desenvolvimento de conhecimentos cruciais para o exercício da cidadania, necessários para o estabelecimento do bem-estar de cidadãos, ambiente e sociedade.

Em alguma medida, a maioria dos estudos aborda NDC nas práticas de ativismo, mesmo que de maneira implícita (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A10). Nessas práticas, NDC é considerada um importante aspecto da alfabetização científica, que pode se referir tanto a avaliação da “qualidade da informação científica, no que respeita à sua origem e ao modo como foi gerada” (A1, 2013, p.5) quanto ao domínio de procedimentos da investigação científica. Isto é, os alunos executam procedimentos similares aos utilizados pelos cientistas (A3, A9). Ou envolver esses dois entendimentos: “compreensão das características da ciência como forma de conhecimento e de investigação” (A2, 2013, p. 13).

As iniciativas de ativismo podem propiciar variadas formas de realizar pesquisas, coletas e análises de informações/dados, o que é necessário para compreender a ciência e seus procedimentos. No âmbito da NDC, os alunos são levados a questionar a ciência e a elaborar modos de investigá-la. Ainda, são estimuladas práticas de ensino em que os alunos possam refletir sobre o trabalho do cientista, bem como a ética envolvida na resolução de problemas de base tecnocientífica.

Alguns trabalhos destacam que as práticas voltadas ao ativismo podem promover a capacitação dos estudantes para a ação e intervenção na comunidade, o que inclui desde sensibilizar a habilitar os alunos para “levar a mudança até ao seu seio familiar e/ou à comunidade em que vivem” (A1, 2013, p. 10). Na mesma linha, outras investigações indicam que tais práticas visam munir os estudantes de conhecimentos a respeito dos problemas da atualidade, instigar reflexões e um olhar mais crítico perante os diversos tipos de informações que se deparam incessantemente, “permitindo uma tomada de decisão e atuação responsáveis sobre estas questões” (A8, 2019, p. 2). Ou ainda, libertar os alunos “do controle hegemônico de especialistas [o que inclui também os professores] e empresas” (A5, 2015, p. 25), conforme também indicado por Reis (2013).

De acordo com a análise, as atividades/ações para o ativismo dentro e fora da sala de aula envolvem a *Arte* (dramatizações, animações, panfletos, cartazes...), a *Web 2.0* (produção e divulgação de sites, blogs, fóruns de discussão, *podcasts*, redes sociais...), exposições científicas, exposições interativas, projetos (por meio da aprendizagem baseada em projetos). As *comunidades de prática*, por sua vez, servem de instrumentos de denúncia, muitas vezes usados de maneira sinérgica, possuindo as funções de: educar e conscientizar outras pessoas; promover mudanças de comportamentos; pressionar instituições, entre outros. Para Reis (2013), a mudança social é iniciada a partir dessas estratégias de ativismo.

A partir da análise, podemos estabelecer que o ativismo compreende uma perspectiva educacional, que tem por finalidade a construção de uma sociedade mais igualitária e justa. Por isso, tem balizado o desenvolvimento de currículos orientados para a ação sociopolítica, que demandam uma cidadania fundamentada e participativa social no que tange CTSA. Em virtude disso, os alunos são atores centrais do processo de ensino e aprendizagem, atuando como catalisadores das mudanças socioambientais. As práticas envolvem a abordagem de problemas socialmente relevantes que partem de seus interesses e realidades. Para que, assim, os estudantes possam intervir nas decisões (não pode ser algo exclusivo dos cientistas) e propor soluções, o que compreende encará-los como cidadãos propriamente ditos e não como futuros cidadãos, como alude a formação para a cidadania.

Sendo assim, não se trata de uma prática esvaziada de conteúdo, o que Paulo Freire denomina de “ação sem reflexão” ou “ação pela ação” ou ainda de “ativismo mecanicista”. Na visão de Freire, os ativistas não refletem criticamente sobre suas ações, porque para eles, há uma dicotomia entre ação e reflexão, não as percebendo como uma unidade dialética, que não pode ser dicotomizada. Por outro lado, seu fazer deveria compreender ação e reflexão, também chamado de práxis por Paulo Freire, que relaciona o ativismo com outro tipo de dicotomia, entre teoria e prática. Para Freire (1981, sem paginação) “[...] separada da prática, a teoria é puro verbalismo inoperante; desvinculada da teoria, a prática é ativismo cego”. Segundo o autor, a fundamentação de sua prática, “se explica ao mesmo tempo nela, não como algo acabado, mas como um movimento dinâmico em que ambas, prática e teoria, se fazem e se refazem” (Freire, 1981, sem paginação).

Na perspectiva freiriana, o ativista é um sectarista que somente age sem medir os resultados de suas ações (Sartori, 2010), por vezes considerado um “analfabeto

político”, que percebe “[...] a educação como pura exposição de fatos, como transferência de valores abstratos, da herança de um saber casto” (Freire, 1981, sem paginação) e não tem o poder de transformar a realidade de fato. Da análise que realizamos, as práticas desenvolvidas, ainda que denominadas por “ativismo” não se enquadram nessa definição. Em especial, porque prezam pelo desenvolvimento de ações fundamentadas em conhecimentos de e sobre ciências com o propósito de promover mudanças sociais. A visão de Paulo Freire sobre o ativismo não é positiva e se assemelha às noções de senso comum partilhada pela sociedade, conhecidas assim como “ações violentas, extremistas e radicais” (A9, 2020, p. 17).

Na esfera das práticas, emergem três principais enfoques do ativismo: *reflexão*, *sensibilização* e *ação direta* (práticas individuais ou coletivas). Nesse âmbito, os alunos podem se comprometer mais fortemente com um ou mais enfoques, mas o intuito é que as estratégias de ensino sejam planejadas de modo a alcançá-los em sua magnitude para potencializar as possibilidades de mudanças sociais. Também, independente do foco, as ações devem ser fundamentadas em conhecimento e investigação. Tais enfoques podem ser mobilizados de forma virtual, real e atitudinal.

O ativismo atitudinal está relacionado às mudanças de hábitos, atitudes e comportamentos. O ativismo virtual ocorre via sites, podcasts, redes sociais, etc. Apresenta o potencial de atingir maior número de pessoas. Apesar do alcance, não garante mudanças de comportamento, assim como não é assegurado por nenhum deles. Em razão da distância, pode ser menos efetivo nesse sentido. Suas principais funções são alertar e sensibilizar os indivíduos. Por fim, o ativismo real ocorre nas situações do cotidiano, envolve tanto as mudanças de atitudes quanto a sensibilização dos indivíduos, através da tomada de consciência. Em síntese, envolve a reflexão, a sensibilização e a ação direta.

### **3.3 Ação com propósito: transformando temáticas em ativismo**

O Quadro 10 expõe os temas, problemas e QSC trabalhados em cada uma das iniciativas de ativismo. Consideramos que a temática (ou tema) apresenta um caráter mais amplo. A maioria das práticas tem enfoque socioambiental. É a partir da temática que são inseridos os problemas e/ou as QSC, que recorrentemente possuem uma relação com o currículo. Geralmente, os problemas/controvérsias podem ser de ordem local/regional/global e são vinculados ao cotidiano do aluno. Além disso, os problemas

devem ser autênticos, de modo que os alunos os percebam como úteis e relevantes, ao poder fornecer respostas para uma determinada necessidade ou demanda. Consideramos como QSC o que os trabalhos identificam como tais.

Quadro 10: Temas, problemas (ou QSC) e as formas como são abordados nas práticas de ativismo analisadas

Cód.	Tema	Problema ou QSC	Como são abordados?
A1	Água	Escassez e desperdício de água, <i>tsunamis</i> ; poluição, extinção de seres vivos e derretimento de icebergs	A temática é apresentada pela professora, os alunos identificam os problemas, realizam pesquisas, executam atividades e propõem soluções, que são expostas via blog
A2	Educação rodoviária	Imaginem que vivem numa cidade muito poluída, como cidadãos o que poderiam fazer para melhorar o ambiente da cidade	Temática e QSC são definidas pela professora. Ideias dos alunos sobre a temática avaliadas via confecção de cartazes e propuseram soluções para QSC estudadas, apresentadas conforme suas escolhas
A3	Perturbações no equilíbrio dos ecossistemas do subtema ecossistemas	Poluição do ar, solo e água	Tema e problemas são introduzidos pela professora. Os alunos construíram um projeto que contemplou as etapas da produção, divulgação e exibição de um vídeo
A4	Planeta em risco	Desperdício de água, de energia e produção de lixo	O tema é definido pela professora e os problemas pelos alunos. Em grupo, os alunos desenvolveram ações (apresentações e panfletos)
A5	Intensidade do som; radiação eletromagnética; armazenamento de produtos químicos; gases tóxicos e estufa; água engarrafada ou da torneira	Devem os leitores de mp3 ter limite de volume sonoro?; Uma <i>antena de [celulares]</i> na escola – Sim ou não? Inspeções às casas com bebês – Sim ou não?; Uma fábrica de amoníaco no nosso concelho – Sim ou não?; Água engarrafada ou água da torneira?	A temática e as QSC são definidas pela professora. Após introdução via notícias, alunos pesquisam e desenvolvem apresentações e simulações por <i>role-playing</i>
A6	Não há	Poluição; Uso da energia renovável e não renovável; Luxo e lixo; Bullying; É anticoncepcional ou é abortivo?; É mais saudável consumir alimentos orgânicos?	Professores constroem sequências didáticas para abordagem de QSC, que incluem diferentes ações para promover o ativismo
A7	Viver Melhor na Terra	Saúde individual e comunitária, organismo humano em equilíbrio, organismo humano em risco, regulação do organismo, transmissão da vida	A temática e os problemas são introduzidos pela professora. Aos alunos, coube escolher os grupos de trabalho e os subtemas. Alunos construíram um objeto, realizaram uma exposição e aplicaram questionário elaborado por eles
A8	Ocupação antrópica e problemas de ordenamento	Bacias hidrográficas, zonas costeiras, zonas de vertentes	A temática e os problemas são apresentados pela professora. Alunos organizaram, divulgaram e realizaram uma exposição científica

A9	Meio ambiente; Indígenas; COVID-19 e prevenção; Pessoas com vulnerabilidade social; Direitos LGBT	Destruição do meio ambiente; Luta por direitos de povos originários e de LGBTs; Precariedades da saúde pública	Alunos definiram os temas e os problemas. Através de comunidade de práticas, eles produziram animações de cunho ativista
A10	<i>Workshop</i> Conexão Jovem	Educação e Escolaridade	Temas estabelecidos pelos idealizadores do projeto. Estudantes assumiram ativamente a organização do evento, de onde emergiram problemas e propostas de ações

Fonte: elaborado pela autora.

Nas práticas avaliadas, tanto professores quanto estudantes são levados a se aventurar em temáticas com as quais têm pouca familiaridade e para as quais não há uma resposta concreta. O foco não é necessariamente a abordagem de conhecimentos científicos e tecnológicos “acabados”, mas de conhecimentos tecnocientíficos em “construção” na resolução de problemas. Tais conhecimentos são assim instrumentos para a ação (A3), requisitados em atividades que culminem em desenvolvimento de projetos, pesquisa e, em última instância tomada de decisões e resolução de problemas, “nas quais o resultado nem sempre é certo e seguro” (A3, 2013, p. 8) e nem imediato.

A escolha do tema/problema/controvérsia pode envolver mais ou menos participação dos alunos. Em alguns casos, lhes são dados mais autonomia e poder de escolha, em outros, o professor limita esse poder de decisão. Consideramos que, para o aluno, tal escolha de início pode ser mais dificultosa em virtude de ser uma primeira aproximação, mas quando o interesse é despertado, pode gerar mais entusiasmo e engajamento.

Segundo análise da amostra, os professores que preferiram fornecer mais poder de escolha aos alunos nem sempre obtiveram resultados que corresponderam às suas expectativas, no que refere às competências alcançadas por eles. Na seleção de determinado tema/problema/controvérsia, as crenças, vivências e aspirações dos estudantes devem ser levadas em consideração, o que também pode provocar um maior envolvimento na resolução de problemas. Outro ponto que merece destaque é a utilização de tecnologias digitais, encaradas não como um fim em si mesmo, mas como um recurso que pode propiciar a colaboração e coletividade, a comunicação, a resolução de problemas e o tratamento de dados.

Nas práticas de ativismo analisadas, as aprendizagens podem ser orientadas para a identificação de questões concernentes a algumas áreas de preocupação, a exemplo de alimentação e agricultura; recursos minerais e mananciais; relações de consumo e energia (A1). Da mesma forma, outros problemas são foco do ativismo, como, injustiças, pobreza, guerras e terrorismo (A5).

Refletindo sobre esses problemas, consideramos que há uma relação mais estreita de determinadas temáticas com ciência e tecnologia. Entretanto, mesmo temas aparentemente mais distantes podem estar vinculados a ciência e a tecnologia. Como exemplo, ao lidar com pobreza e injustiça social (pretensamente “menos científicos”), é possível estabelecer paralelos com a desigualdade causada pelo acesso mais ou menos restrito a produtos e processos científicos e tecnológicos. A falta de acesso a tais bens interfere na participação social sobre as decisões de caráter científico e tecnológico, o que justifica a educação científica através do ativismo.

As áreas de preocupação podem estar alinhadas ao que Hodson (2003, 2014) chama de quatro níveis de sofisticação do currículo orientado para a ação. Em consonância com a amostra analisada, as QSC dão conta de abordar os três primeiros níveis de sofisticação em sala de aula. O primeiro deles é direcionado à compreensão de que ciência e tecnologia são produzidas em determinado tempo e local (contexto), o que remete a natureza da ciência e tecnologia. O segundo nível se refere ao reconhecimento de que as relações de poder e os interesses econômicos interferem no desenvolvimento científico e tecnológico. O terceiro nível está relacionado ao fomento de valores na prática pedagógica. O segundo e o terceiro níveis, de algum modo, apresentam relações com a Educação CTS.

Por fim, o quarto nível, voltado para o “preparo da ação e agir”, se alinha às noções de ASP. Nesse tipo de currículo, os alunos além de analisar os problemas existentes, propõem ações que possam mudar a realidade. Dessa forma, compreendemos que as QSC estão numa posição mais ampla, abrangendo natureza da ciência e educação CTS. O ativismo se articula, então, às QSC com o propósito de promover uma atuação socioativista.

As questões sociocientíficas despontam como perspectiva associada ao ativismo em A2, A4, A5 e A6. Com base em Reis (2004), A2 as conceitua como sendo questões sociais com considerável caráter científico ou tecnológico. Por outro lado, A6 não distingue “questão sociocientífica” de “controvérsia sociocientífica”, uma vez

que são apresentadas como sinônimos. Ainda, a autora apresenta uma definição de controvérsia sociocientífica, que corresponde a “questões que envolvem éticas, valores e desacordos (desde que sejam razoáveis)” (A6, 2016, p. 67).

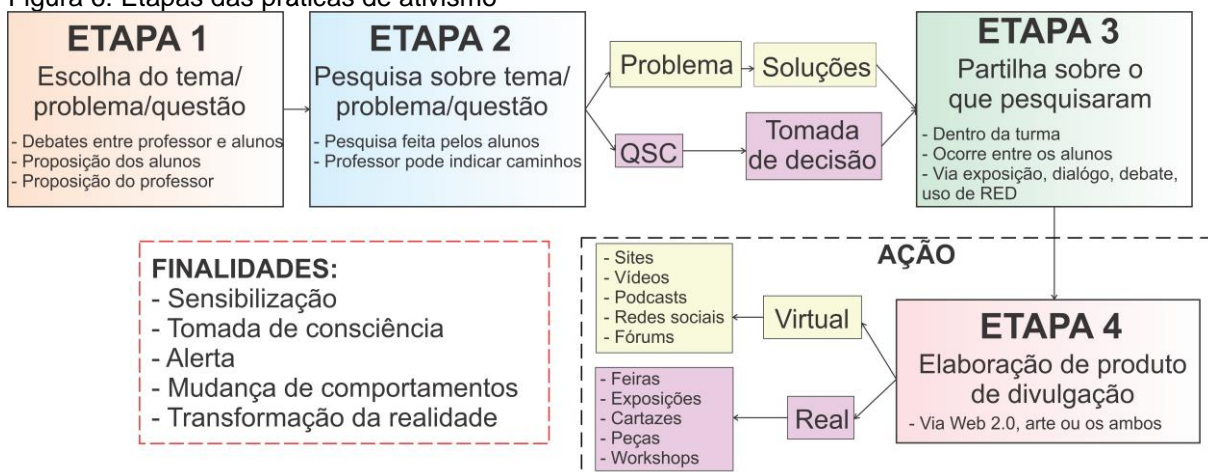
Um dos intuitos do uso de QSC é promover a “[...] mudança de concepções e comportamentos dos alunos face à ciência, à tecnologia e aos problemas sociais” (A2, 2013, p. 4). Podemos considerar que a dificuldade em compreender o que é uma controvérsia sociocientífica pode interferir na escolha dos temas/problemas, que por vezes podem não ser enquadrados como uma questão sociocientífica propriamente dita.

Há uma miríade de QSC na sociedade portuguesa, tais como aquecimento global e mudanças climáticas, poluição ambiental, alimentos transgênicos, controvérsias envolvendo a vacinação (especialmente durante o período da pandemia de COVID-19), polêmicas em torno da energia nuclear, entre outros. São problemáticas que também em virtude dos medos e inquietações causam, remetem ao negacionismo científico. Nesse âmbito, as QSC possibilitam aos estudantes o envolvimento em ações democráticas coletivas e, ao mesmo tempo, propiciam a ampliação do entendimento a respeito das problemáticas em estudo.

A Figura 6 resume as etapas envolvidas nas iniciativas de ativismo, com base na amostra analisada. A análise das iniciativas de ativismo, além da compreensão do processo de definição do tema/problema/QSC (etapa 1) possibilitou a identificação de ações pedagógicas semelhantes: pesquisa sobre o tema/problema/questão (etapa 2). O processo referente à etapa 1 deve ser autêntico, útil, relevante, vinculado à realidade (local, regional ou global) do aluno e abarcar conhecimento científico e/ou tecnológico. Em relação à etapa 2, se pesquisam sobre problemas, alunos propõem soluções, enquanto chegam a uma tomada de decisão caso trabalhem com uma questão sociocientífica.

A etapa 3 compreende a partilha sobre o que pesquisaram com os colegas de turma, que é seguida pela elaboração de um produto de divulgação para causar sensibilização da turma/comunidade (etapa 4) via tecnologias digitais educacionais (vídeos, blogs, sites...) e/ou arte (cartazes, peças, role-playing). A etapa de divulgação visa, entre outras questões, “[...] conhecer o impacto que as nossas ações têm nos outros, e as suas opiniões relativamente às nossas produções” (A3, 2013, p. 67), o que valoriza e provê sentido às atividades conduzidas.

Figura 6: Etapas das práticas de ativismo



Fonte: elaborada pela autora.

Em A1, como meio de reflexão e sensibilização dos problemas, os estudantes alimentam um blog criado pela professora, que não surtiu o efeito esperado, levando a um sentimento de impotência. Tal sentimento, é fruto, entre outras questões, do processo de limitação da participação social dos jovens e crianças, que ocorre desde sua inserção no sistema educacional, gerando adultos passivos e conformados, quando deveria ocorrer o contrário (Reis, 2021b). Nessa linha, o ativismo é destinado ao desenvolvimento de atividades, cujo intuito é promover a democracia já dentro da escola.

No que concerne às ações desenvolvidas em A4 (Quadro 10), os alunos tendem a enumerar regras gerais consideradas socialmente corretas, como “não jogar lixo no chão” ou “não deixar a torneira aberta”, ao invés de conceber suas estratégias para situações concretas de desperdício. Assim como em A1, os estudantes coletam dados do consumo de água, energia e lixo produzidos em suas próprias casas e os comparam com os demais colegas, via apresentação em slides. As iniciativas de ativismo são focadas na sensibilização da comunidade escolar e se dão através da produção de cartazes e panfletos distribuídos pelos alunos na escola.

As QSC abordadas em A5, de alguma forma, traduzem preocupações da sociedade portuguesa. Contudo, nem todas elas são correlacionáveis às realidades dos alunos, visto que algumas se baseiam em situações hipotéticas, como é o caso da instalação da antena na escola ou da fábrica de amoníaco. Em contrapartida, a autora justifica que trabalhar estas questões pode antecipar situações futuras. A professora introduz as QSC por meio de notícias e, por meio do *role-playing* (com exceção de c), estabelece papéis que representam indivíduos/grupos/setores

(incluindo cidadãos e cientistas) com diferentes interesses em relação às questões. Segundo a autora, a simulação via *role-playing*, contribuiu para o desenvolvimento da argumentação e o exercício da tomada de decisão. Nesse estudo, consideramos que a problematização da ciência e tecnologia se dá através dos argumentos científico-tecnológicos levantados pelos alunos e analisados pela autora.

Em A6, os professores propõem sequências didáticas que buscam articular os três momentos pedagógicos, QSC e ativismo. Uma dificuldade identificada a partir disso diz respeito à etapa de problematização, que não foi bem explorada pelos professores. A nosso ver, uma outra dificuldade enfrentada pelos professores refere-se às estratégias de ativismo, muitas vezes encaradas como a simples exposição das pesquisas realizadas pelos alunos. Os professores parecem ver como obstáculo o modo como ciência e tecnologia devem ser problematizadas nos debates.

Em A7, A8 e A10, as temáticas são abordadas via exposição interativa, científica e *workshop*, respectivamente, consideradas práticas/estratégias de ativismo. Através de exposições, pretende-se que os alunos informem e alertem a comunidade de modo a fomentar neles próprios e nos visitantes mudanças de hábitos e comportamentos.

De acordo com A7, o tema permitiu que os alunos influenciassem as decisões de outras pessoas sobre aspectos relacionados à saúde. No caso de A8, a temática em questão teve como intuito fazer com que os alunos informassem e alertassem a comunidade, indicando soluções para os problemas observados. Para realização das pesquisas, a professora forneceu documentos para consulta, que incluíam notícias e vídeos disponíveis no *YouTube*. Alguns vídeos e notícias enfocam em riscos ambientais recorrentes em Portugal associados a esses fenômenos. Apesar do interesse, tanto em A7 quanto em A8, os alunos demonstraram dificuldade ou certa angústia em investigar o tema, em função da autonomia exigida na tarefa, algo com o qual não estavam acostumados a lidar. Em relação a A9, as animações criadas abarcam temáticas pertinentes à comunidade e à época do desenvolvimento do estudo, como questões ambientais, sociais, políticas e de saúde pública. A comunidade de prática, assim como as animações, amplia a visão ativista, possibilitando intervenções na sociedade. Alunos entendem a importância, mas não acreditam que suas atividades podem impactar o próximo e promover mudanças de atitude.

O ativismo é um dos focos de um workshop organizado por jovens de Santa Catarina (A10), que teve como produto um documento sobre a educação no Estado, destacando pontos que carecem de atenção e caminhos de ação. O evento se tornou a maior reunião de jovens para debater sobre educação do Brasil, que se sentiram mais incluídos nas discussões sobre educação e estimulados para propagar a importância da participação de outros jovens.

### **3.4 A força do ativismo: ressoando valores, atitudes e sentimentos**

Alguns trabalhos explicitam *competências de ativismo* (A3, A7, A8, A9, A10), de modo geral, associadas a: (1) capacidade de pesquisa e informação; (2) capacidade de tomar decisão; (3) influência nas decisões dos outros; (4) reconhecimento do próprio papel e capacidades; (5) participação em atividades comunitárias e globais; (6) visão do papel transformador na sociedade. Em alguns trabalhos, tais competências são diretamente explicitadas e/ou compõem questionários investigativos. Em outros, foram extraídas a partir do que foi discutido no contexto do ativismo em seus resultados. A Figura 7 resume essas principais competências de ativismo nas práticas analisadas.

Além disso, identificamos outros aspectos expostos no Quadro 11, que contemplam em sua maioria três instâncias: cognitiva, atitudinal e de valores. Dentre os aspectos analisados, se sobressai o “conhecimento”, que diz respeito a saberes *de* e *sobre* ciência. Nesse âmbito, a prática científica e a atitude científica, elementos diretamente relacionados a NDC, são focos das iniciativas de ativismo em questão. De acordo com a amostra, essas iniciativas mobilizam também capacidades relacionadas à literacia científica e tecnológica, essenciais para a compreensão dos fenômenos naturais e sociais, bem como do papel e da evolução da ciência e da tecnologia na sociedade. No mais, podem potencializar o entendimento de que CT são frutos do empreendimento humano, consideradas dinâmicas e complexas. Nessa jornada, não se deve deixar de lado os valores e interesses dos cientistas, que também desempenham um papel nas divergências entre eles.

Figura 7: Competências de ativismo nas iniciativas analisadas



Fonte: elaborada pela autora.

O “pensamento crítico” ou “pensamento crítico e criativo” também é recorrente nas propostas analisadas. Nenhuma delas conceitua tais termos. O enfoque se dá em como desenvolver esse pensamento, por meio de quais estratégias e ações. Com base nos trabalhos analisados, o pensamento crítico pode ser desenvolvido por meio da identificação, discussão e resolução de problemas, na realização de pesquisas e de análises críticas, do diálogo entre os alunos. Esse processo envolve, entre outras questões, a distinção entre opiniões, fatos e interpretações, com o objetivo de preparar os alunos para a cidadania ativa.

Quadro 11: Capacidades mobilizadas nas iniciativas analisadas

O que é mobilizado?	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Conhecimento	x	x	x	x	x		x	x	x	
Pensamento crítico	x	x					x	x		
Raciocínio	x	x	x	x	x					
Comunicação	x	x	x	x	x		x	x		
Argumentação					x					
Criatividade							x	x		
Colaboração/participação	x				x		x	x	x	x
Autoestima/confiança	x	x								
Perseverança		x	x							
Autonomia		x					x			
Responsabilidade		x	x		x	x			x	x
Empatia						x			x	

Fonte: elaborado pela autora.

A comunicação é avaliada de várias maneiras: via seleção, organização e apropriação da informação sobre QSC ou resolução de problemas, de forma escrita e Web 2.0. São etapas que geralmente compõem a pesquisa, considerada uma das atividades mais complexas pelos alunos, em razão da dificuldade de selecionar o que é relevante a partir de fontes confiáveis (principalmente em tempos de desinformação) e de terem que sintetizar os conhecimentos apreendidos em suas próprias palavras. Enquanto oralmente, a comunicação é avaliada a partir de participação em debates, discussões e partilhas de ideias entre os alunos e pessoas da comunidade.

Arelada à comunicação, tem-se a argumentação como um dos aspectos a ser avaliado. As práticas devem instigar a “necessidade de saber dizer, ouvir e argumentar” (A2, 2013, p. 19), elementos necessários para a participação ativa em problemas reais. É comum a recorrência dos alunos a analogias, a antecipação de respostas, colaboração e simulação (*role-playing*) como estratégias de (contra)argumentação. Essas ações também incluem algum nível de raciocínio, como refletido na amostra analisada. Além disso, é averiguada a capacidade de fazer reflexões críticas sobre seu próprio desempenho. No que tange às informações, cabe ao domínio do raciocínio observar se há lógica dentre as informações selecionadas pelos alunos em razão dos objetivos traçados.

Com relação às práticas de ensino, os trabalhos analisados defendem que, além de propor soluções para problemas, é necessário provocar nos alunos o sentimento de ser capaz de resolvê-los. Como obstáculos, os professores podem enfrentar uma “postura passiva, apática, desinteressada e individualista” (A1, 2013, p. 66) dos alunos. Nesse contexto, há o enfoque em desenvolver a autoestima de

estudantes, abolindo sentimentos como: frustração, impotência, medo e descontrole, ao se confrontar com propostas relacionadas à ciência e tecnologia. Dessa forma, as estratégias são voltadas para o estímulo dos sentimentos de compaixão e empatia pelas pessoas, envolvidas ou não nas iniciativas de ativismo, incluindo os próprios alunos. A perseverança, um dos aspectos também trabalhados nas práticas, é voltada para que os estudantes percebam que suas ações podem não ter respostas imediatas, mas nem por isso eles devem desistir de promover mudanças.

O estado de alerta (*awareness*), despertado a partir da reflexão dos alunos sobre determinada causa, é também um elemento discutido no âmbito do ativismo, por exemplo quando a turma elabora projetos e/ou atividades para alertar, além dos próprios colegas, a comunidade (escolar ou não). Nesse processo, os estudantes refletem a respeito da “mensagem que gostariam de transmitir e dos elementos a utilizar de modo a causar impacto nos outros” (A8, 2019, p. 32).

Um aspecto pontuado é o empoderamento, que é fortalecido à medida em que as ações ocorrem e, como consequência, estudantes passam a enxergar mudanças a partir de suas ações. Também conhecido como “poder em ação com vista aos fins de cidadania e de justiça social” (A5, 2015, p. 25), o empoderamento é instrumental e estratégico, especialmente para os excluídos, porque faz com que os sujeitos se mobilizem em prol de uma causa e, ao mesmo tempo, pode aumentar suas capacidades para lidar com problemas. O empoderamento também contribui para a atitude de autonomia dos educandos.

Outra preocupação refere-se à construção do sentimento de pertencimento ou lugar (*sense of place*) com o intuito de estabelecer um cenário no qual possam aplicar os conhecimentos apreendidos (Hodson, 2011). Tal sentimento, a exemplo, não foi despertado nas práticas desenvolvidas por A1, uma vez que era a professora que alimentava o blog. Mesmo que as informações fossem disponibilizadas pelos alunos, eles não se sentiam pertencentes, não alcançando as capacidades previstas pela professora em sua completude. Ainda assim, os estudantes desenvolveram capacidades do domínio da comunicação, pois conseguiram transmitir a mensagem sobre determinada causa com confiança e autoridade. A6 afirma, baseado em Freire (2013), que a abordagem de temas geradores pode promover tal sensação de pertencimento no mundo.

No domínio das atitudes, que constituem o real compromisso com o ativismo, é observado: como os alunos tomam a responsabilidade na realização das atividades;

se aceitam críticas e assumem erros em relação aos seus trabalhos; o desenvolvimento de algum gosto pela ciência; a adoção de diferentes atitudes comportamentais a partir da abordagem do problema em questão; como gerem o tempo destinado às atividades; se assumem posturas questionadoras e ativas perante os desafios que surgem na resolução de problemas sociais relacionados com tecnociência e/ou a problematização de QSC; a valorização do trabalho em equipe, o senso de coletividade; o desenvolvimento da autonomia para enfrentar as ações dentro e fora da sala de aula; o envolvimento emocional com as causas. Eventualmente, as práticas podem proporcionar que os alunos ensinem o que aprenderam e, a partir disso, possam compreender o impacto de suas ações para a comunidade/escola/outras pessoas.

Os valores, atitudes e sentimentos são estimulados de modo a provocar nos alunos “o desejo de fazer mudanças pessoais, sociais, políticas, econômicas e/ou ambientais” (A1, 2013, p. 10) e a sensação de ser capaz/poder de promover intervenções na sociedade, ou seja, de participar efetivamente da evolução da sociedade. Parte-se da premissa de que valores e atitudes “pouco valem se não forem vividos pela própria pessoa” (Fernandes, 2014, p. 6). Por consequência, um maior envolvimento emocional é desenvolvido, o que gera mais vontade de agir.

Alguns valores estão atrelados às atitudes, como: o respeito entre os pares e para com as causas que defendem; a solidariedade, essencial para a cooperação e trabalho em equipe; conscientização e sensibilidade para as causas sociocientíficas; a crença que podem operar mudanças e tomar decisões para o bem comum da sociedade. Vale salientar que conhecimentos, valores, atitudes e sentimentos podem ser avaliados pelos próprios alunos.

### **3.5 A visão da NDC propagada no contexto do ativismo sociopolítico**

Algumas dissertações, de certo modo, abordam a natureza da ciência. A exemplo, em A1 é apontado que nas iniciativas de ativismo os professores devem proporcionar situações em que se discuta “conflitos entre interesses individuais e coletivos na utilização de recursos naturais e/ou da Ciência” (A1, p. 12). A6 traz um argumento semelhante, direcionando-o às QSC. A abordagem de problemas sociocientíficos, incluindo conflitos de interesses e suas tensões, pode auxiliar na superação de uma suposta ligação entre ciência e legitimidade. Na perspectiva da

autora, os especialistas são integrantes de uma complexa rede de poder que contribui para a legitimação da ciência. Essas características estão relacionadas a aspectos não-epistêmicos da NDC, mais precisamente à “influência da sociedade na C&T”, conforme o (Quadro 8: Aspectos (não)epistêmicos na interface CTS-NDC – presente no Capítulo 2 – Elementos da natureza da ciência na educação CTS no contexto da radioatividade).

Na mesma linha, A5 explora, tanto por meio das temáticas das QSC quanto por meio da estratégia de *role-playing*, algumas características de NDC, pois um de seus intuitos foi oportunizar aos alunos debates sobre o papel da ciência na sociedade, muitas vezes marcados por conflitos de interesses. Na abordagem de QSC no contexto do ativismo, o professor medeia as interações dos alunos, os levando a questionar a ciência e a elaborar modos de investigá-la, remetendo ao “papel da experimentação” na NDC. Ainda, nesse contexto, são estimuladas práticas de ensino em que os alunos possam refletir sobre o trabalho do cientista, bem como a ética envolvida na resolução de problemas de base tecnocientífica, aludindo a “aspectos morais e éticos”, conforme o Quadro 7 (disposto no Capítulo 2 – Elementos da natureza da ciência na educação CTS no contexto da radioatividade) . Outra forma de abordagem de NDC nos trabalhos analisados ocorre via exposições científicas, uma vez que o planejamento e a produção de exposições podem levar o aluno a apreender a ciência como processo e não como produto.

Em seu referencial, A1 inclui a NDC como um componente crucial da literacia científica, definindo-a como a avaliação da “qualidade da informação científica, no que respeita à sua origem e ao modo como foi gerada” (A1, p. 5). Nessa direção, A2 pontua, amparado em Ziman, que “a compreensão da ciência permitirá promover a literacia científica” (A2, p. 28), podendo ser abordada de diversas formas, sendo a “abordagem problemática”, costumeiramente usada nas práticas de ativismo.

Ademais, A3 reconhece que o entendimento de procedimentos da ciência é um dos atributos da literacia científica. Nesses termos, algum domínio de NDC foi abordado em A1 em relação à iniciativa de ativismo proposta, por promover contextos potencializadores de investigação científica (pesquisa, produção de dados, observação...). Isto é, NDC é discutida em termos da prática científica, ou seja, os alunos executam “procedimentos próximos daqueles que as ciências utilizam” (A3, p. 23; A9, p. 10), sem necessariamente discutir NDC explicitamente no contexto de ensino e aprendizagem. Isto é reforçado em A3 e em A7, ao afirmarem com base no

Currículo Nacional do Ensino Básico (DGE, 2018), que as iniciativas de ativismo podem propiciar variadas formas de realizar pesquisas, coletas e análises de informações/dados, o que é necessário para compreender a ciência e seus procedimentos.

Até este ponto, NDC e prática científica parecem ser sinônimos. No entanto, A5 faz uma distinção entre os dois conceitos, afirmando que uma das preocupações da literacia científica é “a compreensão das ideias-chave, acerca da natureza e da prática da ciência, e também das conclusões mais importantes alcançadas pela ciência” (A5, p. 8). A mesma distinção é destacada por A10, ao observar que a educação em ciências não tem enfatizado “conhecimentos acerca da natureza e dos processos da ciência” (A10, p. 9), coadunando com Acevedo-Díaz *et al.* (2017) e García-Carmona e Acevedo-Díaz (2018).

Outros indícios da NDC em A5 são evidenciados, quando, com base em Reis (2013), se admite que envolver os alunos em iniciativas de ativismo pode potencializar o entendimento de que ciência e tecnologia são frutos do empreendimento humano, consideradas dinâmicas e complexas. Os valores interferem nessa empreitada e, por isso, levam a visões divergentes (por vezes controversas), que constituem a própria ciência e tecnologia. Esses indícios remetem a “aspectos morais e éticos” e ao “caráter dinâmico e provisório do conhecimento científico” da NDC, conforme o Quadro 7.

Ainda em A5, dois parâmetros de avaliação dos argumentos científico-tecnológicos levantados pelos alunos são “atitude científica”, referindo ao domínio de procedimentos da investigação científica e “conhecimento da evolução do conhecimento científico-tecnológico”, que remete a aspectos da história da ciência, ambos, nesse contexto, compõem a NDC. Chama a atenção que tais argumentos são mais bem trabalhados pelos alunos que assumem papéis relacionados à ciência e tecnologia, como cientistas e engenheiros no *role-play*.

Diferente de A1, em A2 o foco em NDC é mais explicitado, uma vez que a resolução de QSC possui, entre outros aspectos, a função de promover mudanças nas concepções e comportamentos dos estudantes frente à ciência, à tecnologia e aos problemas sociais. No âmbito teórico, a autora destaca, com base na OCDE, que a literacia científica envolve a “compreensão das características da ciência como forma de conhecimento e de investigação” (A2, p. 13), o que remete a NDC. Como forma de avaliar as mudanças nas concepções dos alunos, um questionário foi aplicado. Esse instrumento é centrado na “visão da utilidade da Ciência no mundo, da

Ciência e Tecnologia no dia a dia, dos benefícios e problemas de que a Ciência é responsável e sobre quem tem poder de decisão em Ciência e Tecnologia” (A2, p. 77).

Chama atenção que alguns aspectos da ciência e da tecnologia presentes no referido questionário remetem aos mitos discutidos por Auler e Delizoicov (2001): superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista da CT e o determinismo tecnológico, que juntos compõem o mito da neutralidade da ciência e tecnologia. Embora os estudantes tenham, em alguma medida, modificado suas impressões sobre a ciência, contradições surgiram em suas respostas, principalmente no que diz respeito à tecnocracia. Ora eles defendem que as decisões sobre ciência devem ser exclusivas dos especialistas, ora reconhecem que os cidadãos também devem participar dessas decisões.

O mesmo instrumento foi utilizado em A4, onde se observou que as concepções sobre ciência dos estudantes mudaram devido às QSC abordadas no contexto ativista. No entanto, essas mudanças não foram significativas o suficiente para afirmar uma transformação profunda em suas visões, pois, para eles, "tecnologia é a aplicação da ciência", atribuindo à ciência um papel crucial no desenvolvimento de recursos tecnológicos. Quanto ao mito da superioridade das decisões tecnocráticas, os alunos obtiveram resultados mais satisfatórios em comparação com A2, apesar de serem mais jovens. Eles conseguiram reconhecer que decisões de ordem científica e tecnológica não devem ser tomadas apenas por especialistas, e que os cidadãos podem ter um papel mais ativo nessas decisões.

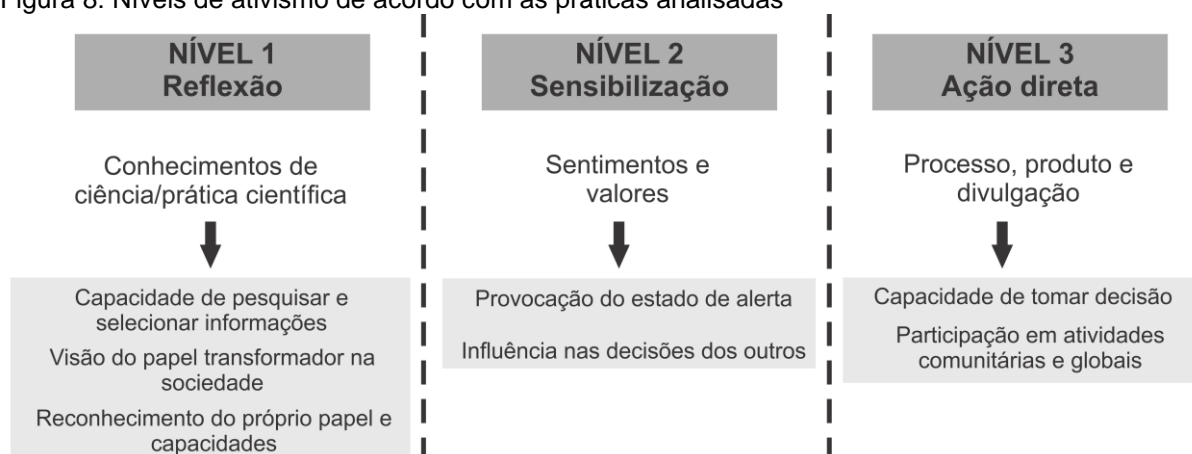
### 3.6 O que concluímos até aqui?

Considerando as análises tecidas nas três categorias, compreendemos que o ASP apresenta três enfoques principais: reflexão, sensibilização e ação direta, que se interrelacionam e configuram níveis de ativismo nas práticas analisadas (Figura 8).

A **reflexão**, correspondente ao nível 1, envolve conhecimentos de ciência-tecnologia e prática científica, cujo intuito é promover a prática da pesquisa entre os alunos, do reconhecimento de suas capacidades e visão transformadora. Esse nível apresenta maior aproximação com NDC em comparação com os demais. O nível 2, focado na **sensibilização**, desperta sentimentos e fomenta valores, em função de influenciar e provocar o estado de alerta em si e nas pessoas. O nível 3, que

materializa a **ação direta**, inclui a confecção de um ou mais produtos e sua divulgação, em um contexto de participação a partir de tomadas de decisão. Os níveis 2 e 3 estão mais relacionados à educação CTS e às QSC. Vale salientar que as práticas podem alcançar variados aspectos desses níveis, assim como podem estar centradas em um ou mais níveis, mas o interessante é buscar contemplá-los plenamente. Tais níveis podem orientar iniciativas de ativismo futuras.

Figura 8: Níveis de ativismo de acordo com as práticas analisadas



Fonte: elaborada pela autora.

As ações sociopolíticas estão fundamentadas, sobremaneira, em conhecimentos científicos. Se por um lado, isso as distancia de ações ingênuas e contribui para que os estudantes desenvolvam noções de ciência mais próximas da realidade, por outro lado, pode levá-los a uma compreensão de superioridade do conhecimento científico. Essa discussão sobre o papel do conhecimento científico em processos participativos é algo, portanto, que carece de aprofundamentos, como sinalizado em várias pesquisas da área de ensino de ciências.

Também, identificamos a ação em torno de temáticas ainda não estabelecidas como um propósito. Sobre isso, reconhecemos como temáticas recorrentes nos trabalhos, demandas relacionadas a questões ambientais (como mudanças climáticas, poluição, energia, desperdício e geração de lixo), saúde e bem-estar e educação rodoviária. As questões abordadas possuem vínculo com a realidade dos alunos e são relevantes para a sociedade portuguesa, ainda que muitas delas tenham sido propostas pelos professores. Chama atenção que alguns trabalhos são desenvolvidos a partir de QSC, que incluem desde a abordagem de assuntos polêmicos a temas controversos de caráter tecnocientífico e relevantes socialmente.

A partir dessa análise, especificamos as etapas comuns às práticas de ativismo, que abrangem escolha do tema, pesquisa, partilha e ação.

Na visão de Reis (2013), as iniciativas de ativismo podem envolver: 1) ações centradas na resolução de problemas; 2) mudanças de hábitos, atitudes e comportamentos individuais e na educação dos outros; 3) organização de grupos de pressão e participação em iniciativas de voluntariado. Destacamos, em comparação com o autor, que as ações das iniciativas analisadas estão centradas em 1 e 2. Isto é, estão mais relacionadas aos níveis 1 e 2 das iniciativas de ativismo. São ausentes ações diretas para além dos muros da escola, como estabelecimento de grupos de pressão e integração em iniciativas voluntárias (como em 3). De modo a potencializar suas ações, consideramos que o ASP seja abordado de forma explícita nas aulas de ciências, sem deixar de lado suas articulações com a educação CTS e a NDC.

Com relação à NDC, alguns resultados são semelhantes aos obtidos nos capítulos anteriores. Aspectos epistêmicos e não-epistêmicos da NDC têm sido mobilizados, especialmente aqueles ligados à prática científica, ao caráter provisório do conhecimento científico, questões éticas e influência da sociedade na CT. Enquanto as propostas CTS se concentram na história das ciências para abordar NDC, as iniciativas de ativismo focam nas QSC. Nesse ínterim, algumas práticas enfocadas em QSC discutem implicitamente o mito do modelo das decisões tecnocráticas e da perspectiva salvacionista da ciência. De modo geral, os mitos da neutralidade científica e tecnológica estão mais presentes nas abordagens CTS. Ainda, há uma menor ênfase na tecnologia em ambos os casos, em consonância com Prsybyciem *et al.* (2021).

Portanto, o ativismo sociopolítico desponta como um caminho para aprender agindo na educação em ciências que tende a aproximar referenciais pré-existentes como educação CTS e NDC, uma vez que suas práticas educativas se dão sob várias possibilidades de articulação (Figura 2). Mais do que isso, a análise aponta potencialidades do ASP para o enfrentamento de desafios contemporâneos como a superação do negacionismo, uma vez que tende a se apoiar na ciência para fortalecer a cultura de participação dentro e fora da escola e se orienta para valorizar a democracia.

## Capítulo 4 – Natureza da ciência: compreendendo para agir<sup>7</sup>

*[...] compreender NDC pode gerar uma visão da ciência que se afasta de duas "ingenuidades" igualmente perigosas: rejeitá-la frontalmente como um truque ou mistificação opressiva que dá origem a todos os males da humanidade (posição relativista extrema), ou admirá-la sem críticas como um conjunto de verdades "dogmáticas" imposta pela tecnocracia (extrema posição positivista; Amador et al., 2018, p. 117, tradução nossa).*

Considerando que as revisões bibliográficas apresentadas nos capítulos 1, 2 e 3 indicaram lacunas relacionadas à NDC, neste capítulo apresentamos uma revisão de literatura sobre esse campo. Iniciamos com reflexões sobre a sua trajetória e consolidação na educação científica, para, em seguida, e diante da diversidade de abordagens, enfatizar propósitos atribuídos e aspectos recomendados. Por fim, aprofundamos as reflexões em torno de uma das abordagens, a *Whole Science*, em função de seu potencial para promover reflexões coerentes com o defendido no âmbito da educação CTS. Com a intenção de contextualizar essas reflexões, as exemplificamos a partir da análise de *fact-checking* sobre vacinas.

### 4.1 Natureza da ciência: como tudo começou...

De modo geral, podemos afirmar que NDC se trata de um modo específico, porém dinâmico e variado, de inserir História, Filosofia e Sociologia das Ciências (HFSC) e refletir sobre conhecimentos metateóricos nos currículos de ciências naturais, que resultou dos esforços feitos pela comunidade científica e acadêmica em torno da HFSC (Bejarano *et al.*, 2019). É nítido que NDC desponta como uma linha de pesquisa em educação em ciências, tendo conquistado seu espaço em uma ampla comunidade (Irzik; Nola, 2011; Matthews, 2012).

---

<sup>7</sup> O capítulo 4 abrange o artigo intitulado “Enfrentamentos para o negacionismo científico: explorando a natureza da ciência a partir de fact-checking”, publicado no periódico Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), no v. 29, em 2024.

Acesso ao artigo: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/3747/943>.

Além disso, inclui o trabalho completo intitulado “Educação CTS e Natureza da Ciência no ensino de química: articulações para a tomada de decisão”, Apresentado no XXI Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), em 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxieneq2022/539508-educacao-cts-e-natureza-da-ciencia-no-ensino-de-quimica--articulacoes-para-a-tomada-de-decisao>.

Ainda, inclui o resumo apresentado no 5ª Conferência Latinoamericana do IHPST, em 2023. Link de acesso: [https://www.ufrgs.br/ihpstla2023/wp-content/uploads/2023/10/Anais\\_IHPST\\_2023.pdf](https://www.ufrgs.br/ihpstla2023/wp-content/uploads/2023/10/Anais_IHPST_2023.pdf) (página 266).

O campo natureza da ciência ganhou mais força sistematicamente a partir do período pós-Segunda Guerra Mundial. A associação entre história, filosofia e sociologia das ciências e ensino de ciências (EC), foco do referido campo, chamada de *reaproximação* por Matthews (1992), teve o intuito de mostrar que a atividade científica decorre do esforço humano, além de possibilitar a reflexão sobre as relações entre CTS (Gandolfi, 2018).

Em adição aos impactos ocasionados pelo pós-guerra, outros fatores foram responsáveis por essa *reaproximação*. Um deles foi a inclusão de elementos da história e filosofia das ciências nos currículos de vários países, seguindo recomendações do Projeto 2061, iniciado em 1985 (Matthews, 1992). Desse projeto, se originaram currículos que davam expressivo destaque a NDC, os primeiros da história da Educação em Ciências a se preocupar com tal questão (AAAS, 1987). Trabalhos, como os de Cheung (2020), García-Carmona (2022), Kostøl *et al.* (2023), Lederman (2018), McComas *et al.* (1998), Noronha (2018), Olson (2018) e Yeh *et al.* (2019), corroboram a afirmação acima, uma vez que tratam de analisar a presença de natureza da ciência em documentos curriculares de diversos países ocidentais e orientais. Uma prova de que a política educacional americana, de certa forma, tem orientado as demais políticas educacionais pelo mundo.

O Projeto 2061, que durou mais de três décadas, foi financiado pela Associação Americana para o Avanço da Ciência (*American Association for the Advancement of Science*, AAAS) e fundos privados. Uma iniciativa de pesquisa e desenvolvimento de longo prazo, o projeto teve como foco aprimorar a educação científica, de modo que *todos os americanos* pudessem se alfabetizar em ciências, matemática e tecnologia (AAAS, 1987).

Esse projeto, somado às Normas Nacionais de Educação Científica do Conselho de Pesquisa (*National Research Council – NRC Standards*) dos EUA e outros órgãos internacionais, lançou uma lista de princípios sobre a atividade científica, publicada no relatório *Science for All Americans – “Ciência para Todos os Americanos”* (McComas; Olson, 1998). Nele, NDC é apresentada sob três enfoques: visão de mundo científica, métodos científicos de investigação e a natureza da atividade científica.

De acordo com Allchin (2011), essa lista serviu de espelho para a criação do VNOS, um dos instrumentos para avaliação de concepções sobre NDC mais utilizados no mundo (Azevedo; Scarpa, 2017), mas com pouca aderência no Brasil (Antunes *et*

*al.*, 2017; Bonfim *et al.*, 2022). Corroborando tal afirmação, Lederman *et al.* (2002, p. 499, tradução nossa) pontuam que os princípios presentes no *Lederman's Seven*<sup>8</sup> foram “enfaturados em ‘recentes’ documentos curriculares voltados à educação científica” estadunidense (p.ex. AAAS, 1990, 1993; Millar; Osborne, 1998; NRC, 1996).

A comunidade científica também contribuiu (e tem contribuído) para a *reaproximação* entre HFSC e EC. Um dos marcos ocorreu na década de 1980 quando houve a primeira conferência internacional de história, filosofia, sociologia e ensino de ciências, na Universidade Estadual da Flórida (1989) e mais uma miríade de eventos acadêmicos pelo mundo, que aumentaram de forma quase que exponencial o interesse pela temática, traduzido pelo grande número de publicações (Matthews, 1992; Bejarano *et al.*, 2019). A *reaproximação* culminou nos programas “*History and Philosophy of Science and Science Teaching*” – HPSST, como chamou Michael Matthews (2012), em português “História e Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências”.

Um dos propósitos da comunidade científica em torno da associação entre HFSC e EC é o enfrentamento da constante crise na educação científica (Fouréz, 2003; Freire-Júnior, 2002), fundamentalmente deflagrada em paralelo à referida *reaproximação*. As reformas curriculares que são apontadas aqui como fatores de aproximação entre HFSC e EC também foram respostas à essa crise.

Lederman (2007) ressalta que as primeiras pesquisas envolvendo NDC foram destinadas a identificar imagens de ciência do público (professores, alunos, professores em formação e população no geral), realizadas décadas antes da *reaproximação*. Nesse ínterim, destacam as pesquisas sobre imagem de ciência, tais como as realizadas por Wilson (1954) e Mead e Metraux (1957). Nesses trabalhos, é como que relatem os cientistas como homens brancos, idosos, com jalecos brancos usando óculos de grau, com cabelos bagunçados e cercados por aparelhos e vidrarias. O intuito é diagnosticar esses estereótipos para, então, rebatê-los e promover uma mudança nesse cenário.

Essas imagens ainda são comuns nos dias de hoje, o que reforça ainda mais a necessidade da *reaproximação*. Borges *et al.* (2010) sinalizam que tais estereótipos têm origem em três fontes principais: a imagem veiculada pela mídia, a visão de

---

<sup>8</sup>Refere-se aos princípios de Lederman, expressão usada por Matthews (2012) no âmbito de suas críticas.

mundo dos próprios estudantes e a abordagem adotada em sala de aula. Esta última geralmente se limita a transmitir conhecimentos sem problematizar sua construção e significado.

Lederman congregou, em duas revisões, os resultados de mais de vinte estudos para propor o seu próprio instrumento avaliativo, o VNOS (Lederman, 1992, 2007). As investigações feitas por ele foram cruciais tanto para a orientação de políticas públicas na área de Educação em Ciências quanto para os debates em torno da NDC nas pesquisas da área.

Vale salientar que, apesar de muitas vezes serem vistos como sinônimos, há duas linhas de pesquisa voltadas à caracterização de como indivíduos veem a atividade científica. Essas linhas compreendem os estudos de imagem de ciência (e cientista) e as atitudes em relação à ciência. As pesquisas com imagem e atitude constituem alicerces das investigações em NDC, que precederam o surgimento do campo e, ainda hoje, são focos em publicações na educação em ciências.

Nessa direção, Lederman (2007) afirma que “os primeiras investigações relacionadas à natureza da ciência constantemente envolviam avaliações de atitudes ou confundiam NDC com atitudes em direção à ciência” (p. 836, tradução nossa). Enquanto o escopo das pesquisas sobre imagem de ciência (e cientista) remete ao perfil do cientista e à influência de convicções pessoais e ideologias na atividade científica (Silva, 2007), as relacionadas a atitudes em relação à ciência compreendem “os sentimentos, crenças e valores mantidos sobre um objeto que pode ser o empreendimento da ciência, a ciência escolar, o impacto da ciência na sociedade ou próprios cientistas” (Osborne *et al.*, 2003, p. 1053, tradução nossa).

O histórico das abordagens avaliativas de natureza da ciência está atrelado aos diferentes momentos vividos nas pesquisas em educação em ciências. Entre as décadas de 1960 e 1980, como reflexo da proliferação das pesquisas de natureza quantitativa, os instrumentos objetivavam dados facilmente classificáveis, priorizando perguntas objetivas. Posteriormente, em busca de uma visão expandida e um aprofundamento sobre o que pensam alunos e professores, entrevistas e perguntas mais abertas têm sido mais aplicadas.

Precedendo a linha de desenvolvimento principal de NDC, podemos destacar pensadores desde o século XVIII como William Whewell (1794-1866), Joseph Priestley (1733-1804) e James Conant (1893-1978), que contribuíram para com que NDC se constituísse como um ramo de pesquisa na educação em ciências. O

primeiro, um polímata, é visto como um dos pioneiros a debater sobre NDC no mundo moderno, um dos primeiros a pressupor que a história das ciências é essencial para entender os processos de produção do conhecimento científico (Matthews, 2012).

O segundo, também um polímata, já apresentava em suas publicações, características de NDC consideradas indispensáveis no ensino e aprendizagem de ciências (Matthews, 2009). O último, químico e, então presidente da Universidade de Harvard, promoveu a partir da década de 1950, juntamente com outros professores dessa universidade, uma proposta conhecida como “Harvard Case Histories in Experimental Science”. Por meio dela, os alunos eram estimulados a estudar casos históricos considerados importantes para o desenvolvimento científico (Collins; Shapin, 1989). Essa proposta foi publicada em 1957 e tornou-se livro-texto para muitos cursos de ciências nos Estados Unidos no pós-Segunda Guerra Mundial (Portela; Laranjeiras, 2005; Bonfim, 2020).

A tendência contextual, chamada também de abordagem contextual, apesar de nunca ter sido predominante nos currículos, também pode ser considerada um dos marcos (ou consequência) da *reaproximação* entre HFSC e Educação Científica. Esta leva em consideração as concepções das ciências no âmbito histórico, filosófico e sociológico (El-Hani, 2006). No entanto, a própria noção de contextualização é polissêmica, tanto na história das ciências (Moura *et al.*, 2020) quanto no campo de natureza da ciência, discutido a seguir.

#### 4.2 Natureza da ciência: ideias sobre a (des)contextualização

Um dos objetivos centrais da NDC na visão de Amador *et al.* (2018) diz respeito ao ensino explícito de NDC nas práticas educativas, questão que a ser reforçada nos currículos de ciências naturais. Acevedo-Díaz *et al.* (2018) pontuam que além de explícita, NDC deve ser reflexiva e contextual. **Explícita**, pois deve ser inserida de forma planejada e como um conteúdo curricular a parte, “em vez de implicitamente por meio de experiências com simplesmente ‘fazer’ ciência” (Lederman, 2007, p. 869). **Reflexiva**, no sentido de que os alunos devem analisar criticamente as questões em torno de NDC. **Contextual** se refere, para os autores, ao emprego da história das ciências, com o uso de narrativas históricas que abordem controvérsias, por exemplo (Acevedo-Díaz, *et al.*, 2018). Desse modo, NDC torna-se um conteúdo específico no currículo escolar, abordado especialmente através de casos históricos. Nesse ínterim,

os alunos refletem sobre elementos de natureza da ciência, identificados em episódios históricos controversos.

É importante ressaltar que até a visão consensual, o modelo defendido para o ensino de NDC nas escolas era conhecido como explícito/reflexivo (Lederman, 2007), na qual os aspectos de NDC são abordados por meio de questionamento, discussão e reflexão à medida em que os alunos lidam com atividades investigativas e/ou casos históricos.

Apesar de haver um consenso entre os pesquisadores sobre a necessidade de abordar NDC de forma explícita, reflexiva e contextual (Azevedo; Scarpa, 2017; Acevedo-Díaz *et al.*, 2018; Bejarano, *et al.*, 2019), há uma relativa confusão sobre o sentido dos termos “explícito” e “contextual”. García-Carmona (2014) considera dois modos de explicitar os conteúdos de natureza da ciência no contexto escolar, sendo o primeiro de forma integrada a conteúdos tradicionais e o segundo, inserido, como um conteúdo à parte, divergindo de Acevedo-Díaz *et al.* (2018), que propõem que NDC deve ser tratada de modo particular, embora sob uma roupagem contextualizada (ao que os autores consideram como contextualizado).

A título de abordagem integrada, Garcia-Carmona (2014) exemplifica a reflexão sobre o caráter provisório do conhecimento científico no contexto da evolução dos modelos atômicos. Baseado em uma série de pesquisas, o autor afirma que ainda não temos respostas sobre qual abordagem é mais eficiente, pois ambas as formas foram testadas empiricamente obtendo um certo sucesso, isto é, conseguiram aprimorar a visão de NDC dos estudantes. A nosso ver, pensando na proposta trazida por García-Carmona (2014), a abordagem integrada traria mais fôlego para NDC, uma vez que abriria a possibilidade de discuti-la em variados contextos e repetidas vezes em sala de aula.

Enxergando sob uma lente alternativa, Bell *et al.* (2011) categorizam o ensino de NDC como não contextualizado e contextualizado. Para os autores, o ensino contextualizado traz NDC atrelada a conteúdos científicos específicos, que podem ser abordados por meio de práticas investigativas, narrativas históricas e questões sociocientíficas. Na abordagem não contextualizada, argumentam, não existe vínculo com outros conteúdos curriculares, sendo a natureza da ciência a protagonista da discussão.

Podemos, então, concluir que embora defendidas como contextualizadas, as abordagens de Acevedo-Díaz *et al.* (2018) – em sua totalidade – inserida de García-

Carmona (2014) – são classificadas como não contextualizadas por Bell *et al.* (2011). Ecoando diversos autores, Bell *et al.* (2011) apontam uma oposição ao ensino de NDC descontextualizado, ou seja, desvinculado de conteúdos científicos substanciais, pois esse modo é menos propenso a despertar uma compreensão robusta de aspectos essenciais de natureza da ciência.

Nenhum dos autores, mencionados até aqui, entram no mérito de discutir formas de inserir abordagens contextuais. Isso foi feito por Matthews (1994). Para o autor, há duas formas de usar abordagens contextuais no ensino de ciências: minimalista e maximalista. A primeira, limita-se a inserir alguns elementos históricos, filosóficos e culturais da ciência de forma pontual e superficial, como é comum em muitos livros didáticos de ciências. A segunda, busca integrar esses elementos em todo o currículo, de forma explícita e aprofundada, ou até mesmo estruturando o currículo a partir deles.

Críticos à visão consensual – como Allchin (2013, 2017), Erduran *et al.* (2018), Hodson (2009), Inéz *et al.* (2023), Irzik e Nola (2014), Rudge e Howe (2013) e Santos *et al.* (2020), proposta por Lederman e endossada por diversos autores do campo, alegam que o ensino declarativo de afirmações sobre NDC é descontextualizado, apresentando uma quarta versão do que seria o ensino contextual. Nesse âmbito, o ensino contextual envolveria elementos históricos, filosóficos e sociológicos ao discutir NDC em sala de aula, sem entrar no mérito de se é tratada como conteúdo a parte ou integrada a conteúdos pré-existentes nos currículos, como modelos atômicos, radioatividade, genética, tabela periódica, evolução, entre outros. Essa noção de contextualização é mais ampla e se aproxima daquela defendida por Acevedo-Díaz *et al.* (2018).

Na tentativa de compensar a falta de contextualização da visão consensual, McCommas (2008) propõe uma articulação entre os *Lederman's seven* e casos históricos. De acordo com o autor, a abordagem dos referidos aspectos pode se dar a partir da identificação de elementos de NDC em livros que apresentem episódios históricos, o que possibilita uma abordagem de NDC conectada e contextual. Ideia que se assemelha a proposta por Acevedo-Díaz *et al.* (2018), contudo estes últimos partem de uma lista de aspectos epistêmicos e não epistêmicos de NDC proposta pelos próprios autores (Quadro 4), a nosso ver, mais completa e de fácil assimilação.

A defesa da abordagem contextual surge em um cenário de discordâncias ao uso do VNOS (de A até E) e demais instrumentos (TOUS, VOSTS, NOSS...), que

utilizam listas nas quais são apresentadas afirmações ditas consensuais sobre NDC – as chamadas listas consensuais<sup>9</sup> (Rudge; Howe, 2013; Bejarano *et al.*, 2019). Para entender melhor as críticas em torno do VNOS, sendo uma delas a defesa da abordagem contextual no ensino de NDC, é importante situar a relevância do VNOS para as pesquisas nesse contexto.

O VNOS é um questionário aberto com várias versões, que pode ser aplicado a diversos públicos, desenvolvido por Lederman e seus colegas na década de 1990 (Lederman, 2007). Nele, constam perguntas abertas relacionadas aos sete princípios propostos por Lederman *et al.* (2002). Em sua proposta, os autores também levaram em consideração as demandas do currículo e necessidades educacionais do cenário norte-americano (o que caracteriza uma de suas limitações por excluir outras realidades). Antes do VNOS, os instrumentos disponíveis na literatura eram de formato fechado, com questões de múltipla escolha (Lederman, 2007). É o instrumento mais difundido no mundo, tendo atualmente a versão “E”, voltada para o público infantil (Azevedo; Scarpa, 2017), embora seja pouco utilizado no âmbito brasileiro (mais detalhes ver Capítulo 1 – Primeiras aproximações entre educação CTS e natureza da ciência na ausência de contexto). Essa difusão não é aleatória, mas resultado do trabalho de seus criadores em divulgá-lo e validá-lo, que se soma ao esforço para desqualificá-lo.

Dessa forma, não ignoramos a importância do VNOS, que colaborou para a disseminação da própria NDC nas didáticas das ciências, pois proporcionou, em certa medida, uma forma de abordar as ciências de maneira mais crítica e reflexiva, se comparado ao ensino de ciências tradicional. No entanto, diante da evolução do cenário das pesquisas e dos novos desafios da educação científica, apresenta limitações que precisam (e tem sido) ser superadas.

De acordo com Moura *et al.* (2020) o VNOS, os diversos instrumentos elaborados seguindo a mesma lógica e as variadas listas, representam uma busca ao currículo único e universal, o que prejudica tanto os aspectos conceituais quanto os epistemológicos do ensino de ciências, que deveria levar em conta o contexto dos alunos e da sociedade. Nessa perspectiva, a discussão epistemológica sobre a

---

<sup>9</sup> O termo “lista consensual” (*consensus list*), introduzido por Allchin (2011), é frequentemente adotado em seus trabalhos. Esse termo é utilizado no artigo de Schwartz *et al.* (2012), que conta com Norman G. Lederman como coautor. A publicação é uma resposta às críticas feitas por Allchin (2011) à visão de NDC. Em síntese, “listas consensuais” remete a um grupo de características de NDC aceito por diversos pesquisadores

ciência não seria um conteúdo isolado, mas um elemento integrador e transversal do processo de ensino e aprendizagem, que contribuiria para o desenvolvimento da autonomia, da criatividade e da participação social dos educandos. Dessa forma, o currículo escolar deixaria de ser um paradigma imposto de cima para baixo e se tornaria um projeto coletivo e democrático, construído a partir do diálogo entre os diferentes atores envolvidos na educação em ciências (Moura et al., 2020).

No contexto de suas críticas ao VNOS, Allchin (2013) pondera que a contextualização é um dos elementos da atividade científica que não pode ser relegada, compreendendo por “abordagens descontextualizadas” as listas de princípios sobre NDC (Allchin *et al.*, 2014). Adicionalmente, o autor reconhece que os contextos humanos e culturais são importantes para tornar a ciência significativa e digna de ser seguida. Segundo ele, é na sala de aula que a ciência deve ganhar contexto, usando situações reais, ainda que simplificadas ou incompletas, que desafiem os alunos a aprender e a se interessar por ciências.

Contudo, Allchin não entra no mérito de discutir se NDC deva ser ensinada como um conteúdo a parte ou integrada ao currículo, mas evidencia que para a tomada de decisão é necessário interpretar diversos conceitos científicos que necessitam de NDC para seu melhor entendimento. Isto é, os conceitos científicos e NDC estão alinhados por um objetivo comum: a tomada de decisão.

De acordo com Moura *et al.* (2020), a abordagem proposta por Allchin pode ser insuficiente por deixar de lado a complexidade do contexto educacional, uma vez que a contextualização assume uma perspectiva unidirecional, em que o conhecimento é pré-definido e apresentado aos estudantes, desconsiderando o contexto em que eles se inserem e como se relacionam com o conhecimento.

De fato, ao definir as temáticas, ao embasar as discussões puramente em argumentos tecnocientíficos, ao apresentar e assim limitar as fontes de informação para discutir os casos históricos/contemporâneos, Allchin acaba por restringir os conhecimentos a um só grupo, que foi definido pelo professor. Também, o excesso de informações que não são analisadas (processadas) adequadamente, pode sobrecarregar os alunos que, nessa situação, se basearão no que foi mais claro para eles (Bonfim, 2020).

De acordo com Moura *et al.* (2014), Matthews (1995) defendeu a integração entre história e ensino de ciências, para superar um ensino de ciências descontextualizado, que focasse não só nos resultados da ciência, mas também no

processo de construção, nas bases sociais e epistemológicas que a sustentam. Outro autor citado por eles é Aikenhead (2009), muito conhecido por suas publicações sobre Educação CTS.

Na visão de Aikenhead, a contextualização tem sido vista como uma forma de humanizar a educação em ciências, de modo a promover a compreensão dos estudantes sobre as relações entre ciência e sociedade, aproximando as ciências dos contextos sociais dos estudantes e buscando uma identificação cultural entre eles e a ciência que aprendem. Essa perspectiva difere do que vem sendo entendido por contextualização na NDC, por considerar a realidade e experiência dos alunos. Aproximações entre CTS e a perspectiva freiriana vem reforçando essa ideia.

Até aqui, fica claro que mesmo quando pesquisadores concordam sobre a importância da abordagem contextual para o ensino de NDC, há diversos sentidos para a expressão. Nesse sentido, a contextualização muitas vezes se torna uma forma de eliminar a diferença e a diversidade do currículo, tentando controlar e prever o que deve ser ensinado, inclusive escolhendo quais são os elementos de contextualização mais adequados para cada situação (Costa; Lopes, 2018; Moura *et al.*, 2020). Assim, o currículo é enriquecido com esses elementos de contextualização, mas, ao mesmo tempo, é limitado por uma experiência pronta, que reduz a possibilidade de construção curricular adaptada a cada realidade.

#### **4.3 Natureza da ciência: a tomada de decisão como um (des)propósito**

Ancorado em diversos autores, Amador *et al.* (2018) apresentam as finalidades de NDC: i) **intrínseca**, por estimular uma reflexão sobre as ciências naturais em si. Nessa reflexão, devem ser evitados os "formalismos abstratos", pois não são relevantes para os desafios atuais da educação científica. Por "formalismos abstratos", entendemos que se referem aos debates filosóficos sobre as abordagens de NDC; ii) **cultural**, uma vez que é possível abordar NDC por meio de diferentes áreas curriculares, como história, ciências sociais, por exemplo, ao situar atores e ideias em algum contexto social; iii) **instrumental**, ao ser considerada como um recurso útil para o ensino e aprendizagem de conceitos científicos.

Lederman (2007), amparado em Driver *et al.* (1996), lista cinco argumentos do porquê é importante compreender NDC. Dois deles – cultural e instrumental – coincidem com os apresentados por Amador *et al.* (2018) e três deles não estão

previstos pelos autores: **democrático**, que diz respeito a *tomada de decisão* (TD) em questões sociocientíficas. Nesse sentido, afirma-se que a compreensão de NDC pode auxiliar na tomada de decisão. Outro argumento é o **moral**, também chamado de axiológico por Acevedo (2008), nesse caso, a compreensão de NDC pode propiciar o entendimento de normas e valores da comunidade científica que contêm compromissos éticos com valor geral para a sociedade. Por fim, tem-se o argumento **utilitário**, no qual a compreensão de NDC pode dar “sentido à ciência e gerir os objetos e processos tecnológicos na vida cotidiana” (Lederman, 2007, p. 831, tradução nossa).

Os *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS 1993) – que foram substituídos pelos *National Science Education Standards* (NSES) em 1996, por sua vez substituído pelo *Next Generation Science Standards* (NGSS) em 2013 (documento vigente nos EUA no momento; Lederman, 2019) – amplificaram a noção de alfabetização científica conhecida atualmente, a vinculando a TD. Até então, ela se referia ao domínio do conhecimento e processos científicos, passando a englobar a utilização desse domínio para tomar decisões informadas, no que diz respeito a questões pessoais, sociais e globais. Na mesma linha, a alfabetização científica é apresentada pelo *National Research Council* (NRC) como sendo “o domínio e a compreensão de conceitos e processos científicos que são essenciais para a tomada de decisões pessoais, o envolvimento em questões cívicas e culturais e a produtividade econômica” (NRC, 1996, p. 22).

Poucos anos depois, a própria UNESCO chama atenção para a necessidade de difundir essa noção de alfabetização científica através de todas as culturas, “a fim de melhorar a participação dos cidadãos na adoção de decisões relativas à aplicação de novos conhecimentos” (Declaração de Budapeste – UNESCO, 1999). Nesse contexto, NDC foi enfatizada por Showalter (1974) como uma construção importante para esse novo significado de alfabetização científica (Lederman, 2019). Em síntese, um cidadão alfabetizado cientificamente usa a compreensão de NDC para se engajar e participar de discussões públicas e fazer escolhas conscientes sobre temáticas (controversas ou não) relacionadas à ciência e à tecnologia que influenciam sua vida cotidiana, uma clara vinculação com a educação CTS.

Almeida *et al.* (2023) apontam que a não existência de um consenso sobre o significado de alfabetização científica diminui a necessidade de uma ênfase à tomada de decisão. Por outro lado, concordam que NDC pode ser aplicada para guiar tomadas

de decisão e ponderam, em consonância com Moura *et al.* (2020), que a relevância da tomada de decisão para os estudantes na educação científica deve ser questionada, assim como sua acessibilidade. Os autores asseveram que os contextos em variadas dimensões, desde pessoais a sociais, até aos modelos políticos nos quais estão inseridas são fatores a serem considerados ao debater modelos que permitam tomadas de decisão.

O argumento **democrático** possivelmente é o mais usado por quem almeja a alfabetização científica como um fator essencial para a educação para a cidadania (Praia *et al.*, 2007). Baseado em diversos autores, Acevedo (2008) afirma que apesar do supracitado argumento ter cada vez mais atenção, há pouca evidência empírica que de fato faça sentido relacionar os conhecimentos sobre NDC e o processo decisório. Os escassos resultados empíricos disponíveis até hoje não são conclusivos no sentido esperado, e alguns até apontam para o sentido contrário.

Nesse íterim, destaca-se a investigação realizada por Bell e Lederman (2003), cujo objetivo foi avaliar a importância da tomada de decisão sobre questões relacionadas a NDC. Como resultado, os autores observaram que os participantes usaram valores pessoais, moral/ética e preocupações sociais ao tomar decisões, mas a NDC não foi usada. Os autores concluíram que a tomada de decisão é complexa e os dados não suportam a suposição de que uma compreensão da NDC contribuiria de forma proeminente para a tomada de decisão – interessante notar que anos depois, esse resultado foi usado por Lederman e seu colegas para rebater as críticas feitas por Allchin a sua abordagem (Schwartz *et al.*, 2012).

Bell e Lederman (2003) também especularam que NDC pode não ter sido aludida em suas respostas, uma vez que os indivíduos precisariam ser instruídos sobre como os entendimentos de NDC podem ser usados para auxiliar no processo de tomada de decisão. Em resumo, entre as pesquisas que se concentram em promover mudanças nas concepções de NDC, uma pequena minoria foca no impacto que as concepções de NDC têm sobre outras variáveis de interesse, como a tomada de decisão (Lederman, 2007).

Na mesma linha, a pesquisa desenvolvida por Walker e Zeidler (2007) demonstra que estudantes com uma compreensão aceitável sobre o caráter provisório, criativo, subjetivo e social de NDC, não utilizaram esses conhecimentos em uma **questão sociocientífica (QSC)** sobre alimentos transgênicos. Esse resultado leva os autores a proporem a abordagem das questões sociocientíficas em práticas de ensino

orientadas à exploração de aspectos de NDC, com o propósito de motivar os estudantes a aplicarem conhecimentos sobre NDC na tomada de decisões – proposta semelhante já havia sido sugerida de algum modo por Abd-El-Khalick (2003).

Por outro lado, Sadler e Zeidler (2005) investigaram como as visões dos estudantes sobre NDC influenciaram sua análise sobre uma QSC sobre o aquecimento global e concluíram que a forma como os alunos lidaram com as evidências conflitantes estava associada, pelo menos em parte, às suas concepções sobre NDC. De acordo com Lederman (2007), esse resultado parece apoiar a ideia de que o entendimento de NDC é importante porque ajuda na tomada de decisão das pessoas. Chama atenção que os primeiros trabalhos mais “instrutivos” relacionados ao argumento **democrático** venham associados às QSC.

Ao examinar a literatura que se propõe a discutir alfabetização científica, Almeida *et al.* (2023) destacam a tomada de decisão como um dos aspectos que pode promover a educação crítica. Mencionando diversos estudos, as autoras discorrem sobre como os conhecimentos de NDC e o envolvimento com QSCs são relevantes para habilitar estudantes para tomadas de decisão pessoais, sociais, em níveis locais a globais, especialmente no que tange à confiabilidade de enunciados científicos.

Se apoiando nos resultados empíricos contrários, alguns autores consideram como “mito” a noção de que NDC possa contribuir de alguma forma para a TD das pessoas (Acevedo *et al.*, 2005; Almeida *et al.*, 2023). Essa crítica foi rebatida por Praia *et al.* (2007), que utilizam diversos exemplos para ilustrar que tal interpretação apenas exclui a maioria da população da participação em decisões sobre questões científicas e tecnológicas. Na prática, isso significa delegar essas decisões a uma minoria privilegiada.

Um exemplo emblemático é o caso de Rachel Carson e sua denúncia sobre os efeitos danosos do uso de DDT para o meio ambiente, que culminou no desaparecimento dos pássaros relatado no livro *Primavera Silenciosa*, em 1962. Se não fosse o apoio de uma parcela de cidadãos, entre eles os ativistas, seus argumentos talvez só ganhassem evidência muitos anos mais tarde, causando ainda mais estragos e mais danos à sociedade (Praia *et al.*, 2007). A defesa da alfabetização científica para a cidadania remete, portanto, à luta histórica dos movimentos sociais pela democratização da cultura e da educação (Santos; Mortimer, 2001). E a sua promoção faz parte do esforço das forças democráticas para superar esses obstáculos.

Resguardadas suas diferenças, a defesa do princípio **democrático** é uma tendência comum na conjuntura atual (Allchin, 2017; Almeida *et al.*, 2023; Azevedo; Scarpa, 2017; Gasparatou, 2019; Hansson; Yacoubian, 2020; Roda; Martins, 2021; Upahi *et al.*, 2020). Nessa perspectiva, Lederman (2018) declara que o propósito central de NDC é prover ferramentas de natureza metateórica para que os estudantes sejam capazes de tomar decisões científico-tecnológicas de maneira responsável em suas vidas cívicas. Apesar da defesa desse argumento, Allchin (2013, 2017) se opõe a Lederman e seus colegas, ao afirmar que sua abordagem fundamentada em princípios declarativos sobre NDC (*Consensus View*) não tem como fim a tomada de decisão individual e coletiva voltadas à CT. Ao contrário, a *Whole Science*, prioriza a tomada de decisão por defender uma alfabetização científica *funcional*.

Os casos contemporâneos e/ou históricos, propostos por Allchin, são apresentados pelo professor junto com documentos informativos, nos quais os estudantes, baseado nesses casos, devem tomar decisões, isto é, escolher soluções para resolver problemas de maneira bem-informada. Metodologicamente falando, não se observa na proposta de Lederman alguma tentativa de “exercitar” a TD, o que pode ser observado na *Whole Science*. Nela, há uma tentativa de desenvolver algo mais instrutivo. Em sua defesa, Lederman *et al.* (2013) salientam que a adequada compreensão de NDC pode impactar as lentes através das quais os alunos veem o mundo, sendo suficiente para influenciar na TD deles.

Na *Whole Science*, Allchin (2013; 2017) indica que o professor evite fazer perguntas nas quais os alunos possam exprimir sua opinião, pois a premissa é que eles estimulem o desenvolvimento do pensamento crítico analítico baseado em informações científicas. Dessa forma, ele propõe um exercício contrafactual, sugerindo que os estudantes assumam a perspectiva de diferentes atores sociais e analisem as situações de forma racional a partir desse ponto de vista (Bonfim, 2020).

Na mesma direção, Gasparatou (2019) explica que NDC tem como propósito elucidar como a ciência funciona, sendo necessária para envolver os jovens, cultivar novos cientistas, “nutrir um público educado em ciências e encorajar uma maneira **racional** de viver em um mundo onde as ciências e a tecnologia influenciam a maioria das nossas decisões” (Gasparatou, 2019, p. 578, tradução nossa).

Ambos Allchin e Gasparatou tocam em um ponto complicado, porque, desse modo, a tomada de decisão pode ser vista “como um processo racional que envolve várias etapas” (Santos; Mortimer, 2001, p. 98), o que pode levar à ideia de que a

tomada de decisão segue passos estritos, como na resolução de questões de pesquisa acadêmica, desconsiderando, por exemplo, o papel dos aspectos morais nesse processo (Santos; Mortimer, 2001). Ou até mesmo pode transmitir uma noção de superioridade da atividade científico-tecnológica em relação a outros saberes.

Assumindo uma postura mais incisiva, Almeida *et al.* (2023) consideram questionável e forçada a proposição de um vínculo direto entre alfabetização científica e tomada de decisão. Segundo elas, uma pessoa ser considerada alfabetizada cientificamente ou mesmo a ênfase dada nos currículos não suprem outros fatores, não considerados pelos currículos, que seriam importantes para uma educação cidadã ou para a alfabetização científica. As autoras indicam o pensamento crítico e conhecimentos de NDC que podem favorecê-lo como aspectos importantes para fomentar a cidadania científica dentre os estudantes.

Como reflexo do “novo” conceito de alfabetização científica orientado para a tomada de decisão, as práticas de ensino têm se voltado à TD como fim, e não um meio, para desenvolver o senso crítico e responsabilidade social (Bonfim; Strieder, 2022).

Seguindo uma tendência da educação científica, NDC tem reforçado o argumento **democrático**, isto é, aquele que é orientado para tomada de decisão (TD) sobre questões de interesse tecnocientífico, e, por conseguinte, têm surgido novos modelos de ensino e aprendizagem de NDC que, em diferentes níveis, possuem a tomada de decisão como uma finalidade.

Contudo, o modelo de tomada de decisão dominante apresenta um viés predominantemente neoliberal (Yacoubian, 2018), que tende a perpetuar desigualdades. Em contraste, o ensino (de ciências) voltado à justiça social (JS) advoga por relações sociais embasadas em igualdade, com representação e empoderamento de diferentes grupos (marginalizados) das comunidades, conforme Bell *et al.* (2016), Dagher (2020), Hansson e Yacoubian (2020) e Pizarro (1998).

#### 4.3.1 A tomada de decisão na interface educação CTS-NDC

Discussões sobre tomada de decisão, participação social, tecnocracia, responsabilidade social, ativismo vêm ocorrendo na educação CTS e QSC, o que pode auxiliar o campo NDC, carente de reflexões nesse sentido. De igual maneira, as

referidas temáticas, dentre outras (presentes na Figura 9) emergem no âmbito dos trabalhos CTS, nos quais NDC é aludida.

Figura 9: Fatores relacionados à tomada de decisão na articulação CTS-NDC



Fonte: elaborado pela autora.

Adicionalmente, uma abordagem que se baseia apenas em dados de natureza tecnocientífica pode levar a uma valorização excessiva desse tipo de saber em relação a outros, fortalecendo o modelo de decisão tecnocrática. Cabe considerar também as dimensões éticas, emocionais, sociais e ambientais nesse modelo de decisão. A tomada de decisão para a “responsabilidade social” – expressão associada à TD em muitos trabalhos dos campos NDC e CTS (Bonfim; Strieder, 2022) – que priorize as referidas dimensões além das epistêmicas, abre caminhos para uma ruptura com o paradigma tecnocrático de desenvolvimento tecnocientífico, favorecendo assim a construção de uma sociedade mais democrática, por envolver uma atitude transformadora de homens e mulheres sobre seu contexto.

A noção de “responsabilidade social” abrange diversas dimensões e contextos, como os gerenciais, corporativos e educativos, indicando, em linhas gerais, ações (políticas e práticas) socialmente comprometidas de vários atores e instituições (empresas, universidades, escolas, Estado, professores, políticos, cientistas,

cidadãos, entre outros) coletivas ou individuais. Linhas de pesquisa, como a Educação Ambiental, podem ser vistas como uma expressão da responsabilidade social (Rosa *et al.*, 2021). Todos esses agentes compartilham uma mesma inquietação: o modelo de desenvolvimento que estamos construindo na e para a sociedade.

Para Freire (2013), a responsabilidade é um aspecto essencial da existência humana, que não se aprende apenas pelo raciocínio, mas pela experiência. O autor defende que a responsabilidade é tanto social quanto política e que os indivíduos podem exercê-la de forma mais efetiva por meio da participação ativa em diferentes esferas da sociedade. Por exemplo, os indivíduos podem influenciar as decisões da escola de seus filhos, de seu sindicato, da sua empresa, participando de grupos, clubes, conselhos etc. Também podem se envolver na vida do seu bairro, da sua igreja, da sua comunidade rural, por meio da participação em associações, clubes, sociedades beneficentes e outras formas de organização (Freire, 2013).

Freire defende uma postura radical, mas não sectária nem ativista. Para ele, o sectarismo (de qualquer tendência política) e o **ativismo** (que age sem pensar) são formas de alienação. O pensamento crítico, por outro lado, implica em dialogar com o diferente, reconhecendo seu direito de escolha. O sujeito radical não quer impor sua visão, mas argumentar e persuadir. No entanto, ele também não se cala diante da violência dos que tentam silenciá-lo. Ele age por amor à liberdade e à justiça (Freire, 2013).

Para evitar o ativismo criticado por Paulo Freire, é crucial que o professor tome uma posição clara diante da QSC em discussão. Hodson (2018) argumenta que a neutralidade do educador pode levar à relativização das ideias e prejudicar sua credibilidade, fazendo-o parecer alguém sem opinião.

Diante de um cenário hipotético em sala de aula, em que os estudantes debatem a adesão da sociedade às vacinas, a maioria se posiciona contra a vacinação e apresenta argumentos mais elaborados do que aqueles que a defendem. Nessa situação, qual deve ser a postura do professor? Manter uma atitude neutra e deixar o debate seguir sem interferência? Ou intervir e rebater os argumentos dos alunos? Deixar o debate prosseguir sem mediação pode resultar na propagação de uma ideia negacionista da ciência, e a neutralidade do professor pode acabar tendo um efeito contrário ao desejado. No entanto, é crucial que a não neutralidade do professor não se transforme em uma postura autoritária, o que evidencia a complexidade e a sensibilidade do tema.

O termo “ativismo” na educação científica, também referido como “ação sociopolítica”, carrega uma conotação distinta. Ele está intimamente ligado às QSC, que emergem como uma forma de estimular o ativismo. Dessa forma, os estudantes utilizam o conhecimento científico para analisar criticamente questões sociocientíficas. Para tanto, eles necessitam desenvolver diversas capacidades, como avaliar diferentes perspectivas, distinguir fatos de opiniões, reconhecer má ciência e pseudociência, identificar e separar erros de más intenções, superar preconceitos, elaborar conclusões e defender argumentos, conforme destaca Hodson (2018). Portanto, trata-se de julgar os limites da ciência e da tecnologia considerando os diversos atores sociais em um processo dialógico e ativo. Nesse sentido, essa abordagem diverge da visão de Freire, que atribui uma conotação negativa ao ativismo.

Com intuito de estabelecer articulações CTS-NDC (Capítulo 1 – Primeiras aproximações entre educação CTS e natureza da ciência na ausência de contexto), identificamos temáticas comuns em práticas de ensino, quando esses dois elementos são evocados. Algumas delas são: poluição, manutenção de solos e mananciais, alcoolismo, radioatividade, agrotóxicos, consumismo, desastres ambientais como o ocorrido em Mariana-MG, “aquecimento global, emissões de gases, processos industriais que interessam a sociedade” (Silva *et al.*, 2015, p. 6). Essas temáticas favoreceram discussões CTS, ainda que pontuais em alguns casos, mas não fomentam discussões sobre NDC na mesma medida, principalmente as relacionadas a fatores epistêmicos, mesmo aquelas abordadas por meio de QSC.

Em consonância, Acevedo-Díaz (2009) afirma que os fatores não-epistêmicos podem diminuir a importância dos aspectos epistemológicos na abordagem de QSC, sugerindo uma perspectiva mais holística de NDC, corroborando com a Educação CTS. Essa perspectiva envolve a abordagem de valores culturais e morais, aspectos sociais e as experiências pessoais.

De acordo com Silva *et al.* (2015), os livros didáticos (selecionados pelo PNLD de 2015) que abordam a “sociedade de consumo” não exploram adequadamente o “aspecto natureza da ciência”. Apoiando-se em Sadler e Dawson (2012), os autores afirmam que os livros se limitam a apresentar a “controvérsia sociocientífica, muitas vezes inerente ao próprio tema e não nas divergências de opiniões e interesses que existem no meio científico” (Silva *et al.*, 2015, p. 8). Pensando nisso, as temáticas

escolhidas para as QSC são inadequadas para discutir NDC ou estamos falhando em explorar NDC por meio dessas temáticas?

Em paralelo às supracitadas elocubrações, tem-se resultados advindos de análises empíricas contrastantes. As ideias sobre NDC parecem não influenciar muito nas decisões tomadas no âmbito das QSC (Acevedo-Díaz, 2009). No entanto, Krupczak e Aires (2021) concluem que são escassos os estudos que abordem QSC como forma de depreender NDC, ao mesmo tempo, refletem, a partir dos dados, que tal abordagem é indicada para inserir NDC de maneira contextualizada.

Uma série de autores tem sustentado que as questões sociocientíficas podem propiciar o ensino de NDC (Acevedo-Díaz, 2009), ou seja, as QSC são um meio de ensinar NDC. Outros argumentam que a compreensão de NDC ocasionará em um aumento do entendimento dos conceitos científicos, quando contextualizados via QSC, permitindo que os estudantes sejam mais críticos em relação às evidências, as usando, inclusive, de forma mais adequada nas tomadas de decisão inerentes às QSC (Karizan; Zeidler, 2017).

Nesse sentido, Hodson (2018) assevera que os estudantes necessitam saber *sobre* ciências previamente para compreender e se posicionar perante uma QSC, porém o grau de conhecimento dependerá da complexidade da QSC. Hansson (2020) justifica tal compreensão de forma mais contundente, ao relatar que o conhecimento da NDC ajuda os alunos a compreenderem os limites da ciência e como a ciência pode contribuir (e não contribuir) para decisões tomadas sobre questões sociocientíficas.

Outros indicam que a apreensão dos conhecimentos de NDC pode se dar concomitante à abordagem de uma dada QSC, de modo a municiar os alunos com saberes essenciais para TD (Allchin, 2013). Outros ainda acreditam que pensar sobre/com NDC criticamente são formas de alcançar a alfabetização científica e, possivelmente, ajudar a embasar uma tomada de decisão (Almeida *et al.*, 2022).

Em suma, não adianta o indivíduo saber somente *sobre* NDC se tem outros fatores que influenciam nas decisões em questões relacionadas às ciências. Alguém pode *compreender* os argumentos científicos que condenam a ingestão de alimentos ultraprocessados, pode até ter um posicionamento contrário ao consumo, mas não ter condições materiais de exercer esses posicionamentos, visto que tal problemática está imersa em aspectos sociais, econômicos, culturais, entre outros. Esses condicionantes devem ser considerados nas estratégias de ensino.

Algumas práticas enfocadas em QSC limitam-se a decidir sobre o uso ou não de determinada coisa, ou seja, restringem a análise de QSC em prós e contras, vantagens e desvantagens, o que remete a uma visão reducionista da ciência-tecnologia, restringindo-se a um tipo de participação social (Strieder; Kawamura, 2017; Rosa; Strieder, 2021). Noções que tendem a reduzir os mecanismos de participação social, por estreitar os processos democráticos. Portanto, devemos ir além, ao se questionar, por exemplo, quem define o que será ou não pesquisado? Existem formas de controlar o que será e o que não será pesquisado? Necessitamos “problematizar a presença de valores na definição da agenda de pesquisa” (Rosa; Strieder, 2021, p. 2).

Um importante elemento das QSC são as controvérsias. Todas QSC são controversas? Toda controvérsia é uma QSC? A começar, há dois tipos de controvérsias: internas e externas às ciências, conforme Hodson (2018). Para o autor, a controvérsia interna ocorre quando “a informação científica necessária para formular um juízo sobre ela é incompleta, insuficiente, inconclusiva ou extremamente complexa e difícil de interpretar” (p. 39).

A causa da extinção dos dinossauros é um exemplo de controvérsia interna, uma vez que há hipóteses e evidências divergentes sobre o papel do vulcanismo nesse evento. Em contrapartida, a controvérsia externa é “enraizada em preocupações, crenças, valores e sentimentos sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos, ambientais, estéticos e/ou ético-morais” (p. 39), que influenciam as percepções e as decisões sobre a ciência. Um exemplo de controvérsia externa é o debate sobre a energia nuclear. Do ponto de vista dos cientistas, não há discussão, a energia nuclear é considerada uma energia “limpa”, as discordâncias giram em torno de valores e interesses de diferentes grupos sociais.

Sob nossa ótica, as controvérsias podem envolver nuances, que nem sempre se encaixam em uma classificação simples, dicotômica entre interna e externa à ciência. Isso porque as “controvérsias internas” são afetadas por aspectos políticos, econômicos e sociais, que dificultam essa distinção. Isso é válido mesmo quando assumimos que as ciências possuem um caráter objetivo, parte dela também é interpretativa, por conseguinte, sujeita a influências socioculturais.

Existem controvérsias que são mais complexas e, por isso, mais desafiadoras de se categorizar. Esse é o caso das disputas sobre o aquecimento global, que nos permitem analisar, dentre outros fatores, como um consenso é estabelecido dentro e

fora da comunidade científica. Isso não significa que tal divisão seja inútil, pelo contrário, faz sentido do ponto de vista pedagógico, por possibilitar mapear múltiplas possibilidades e pontos de vistas, oferecendo um panorama mais completo sobre a QSC estudada.

Fugir de visões igualmente danosas no ensino de ciências, como o positivismo e o relativismo extremos, envolve, entre outras questões, a exploração de QSC em toda sua magnitude (externa e internamente). A exemplo, tem-se a prática desenvolvida por Martins e Justi (2017, p. 4), em que a QSC gira em torno do questionamento “as pesquisas sobre os materiais transgênicos devem ser financiadas?” A partir dessa pergunta, as autoras conseguem discutir elementos como a relação entre evidências e teoria, padrões de racionalização, instrumentos e coleta de dados, atingindo dimensões epistêmicas, bem como não-epistêmicas, ao explorar as “influências de interesses pessoais e econômicos na disseminação de produtos desenvolvidos pela ciência” (Martins; Justi, 2017, p. 7).

Não é difícil perceber que há uma relação entre os baixos níveis de alfabetização científica e a tomada de decisões equivocadas dos indivíduos, que vão desde tomar um antibiótico para tratar uma doença viral a se recusar a usar máscara de proteção em uma pandemia. Mesmo uma decisão aparentemente simples, como não tomar antibiótico quando infectado por doença viral, demanda uma consciente assimilação de técnicas e conhecimentos por parte das pessoas, implicando em uma “postura atuante do homem sobre seu contexto” (Freire, 1979, p. sem paginação). O uso indevido de antibióticos, sem orientação médica e para tratar infecções virais, pode favorecer o desenvolvimento de bactérias resistentes, além de não ter nenhum benefício terapêutico. Isso pode comprometer a saúde individual e coletiva, no geral.

A pandemia de COVID-19 trouxe à tona a questão do uso de antibióticos para o tratamento de doenças virais. A azitromicina, um medicamento que combate infecções bacterianas, foi recomendada por alguns profissionais e autoridades como parte do protocolo inicial contra o novo coronavírus, mesmo sem evidências científicas de sua efetividade nessa fase da doença. No entanto, a azitromicina pode ser útil para prevenir ou tratar complicações pulmonares decorrentes da baixa imunidade provocada pela COVID-19. Esse tipo de situação não é exclusivo dessa doença viral, pois outras condições como AIDS e Hepatite C também podem exigir o uso de antibióticos para evitar ou combater infecções oportunistas causadas por bactérias.

Portanto, não se pode afirmar categoricamente que os antibióticos são inúteis ou prejudiciais em casos de doenças virais, pois isso depende de vários fatores e circunstâncias. Tal exemplo demonstra que a afirmação “não usar antibióticos em quadros de doenças virais” pode conduzir a escolhas equivocadas tomadas por decisões superficiais, ao desconsiderar o contexto e inúmeros condicionantes.

Ainda no contexto da pandemia de COVID-19, a vacinação se tornou uma medida essencial para conter a disseminação do vírus e salvar vidas. No entanto, nem todos aderiram voluntariamente à campanha de imunização, o que levou à criação do chamado “passaporte da vacina”. Esse documento restringe o acesso de pessoas não vacinadas a certos espaços públicos e privados. Essa forma de incentivo à vacinação pode ser vista como uma expressão da tecnocracia, que valoriza o conhecimento científico e técnico acima de outros aspectos sociais e políticos. Essa visão se reflete nos slogans amplamente divulgados “Vacina é Ciência”, “Confie na Ciência” e “Vacina sim! Ciência sempre!”. Sem dúvida, a decisão de se vacinar é mais acertada do que apostar na azitromicina como tratamento precoce. Porém, isso não significa que devemos aceitar cegamente o que as autoridades dizem, sem questionar ou compreender os fundamentos científicos por trás das recomendações. Isso exige um alto nível de alfabetização científica, que nos permita avaliar quando ou não confiar na opinião dos cientistas.

Podemos argumentar que o discurso autoritário sobre o uso de vacinas na pandemia de COVID-19 inibe uma cultura de participação social, ao invés de estimulá-la. Por outro lado, podemos entender que a obrigatoriedade da vacina se baseia na ideia de responsabilidade social, pois o ato de não se vacinar prejudica a coletividade e contribui para o aumento das mortes evitáveis. As pessoas têm o direito de recusar a vacina, mas devem arcar com as consequências dessa escolha. Além disso, o contexto negacionista e anticientífico da política brasileira demandou argumentos mais contundentes em defesa das ciências. Por isso, é compreensível, nesse cenário, o uso de expressões como “Vacina é Ciência!”. Isso mostra a necessidade de um equilíbrio crítico entre cientificismo e ceticismo, que pode se tornar problemático se não for contextualizado na tomada de decisão.

As supracitadas situações (alimentos transgênicos e pandemia de COVID-19) denotam que o conhecimento científico relevante para questões sociocientíficas é muitas vezes contemporâneo e contínuo, em vez de fazer parte de uma ciência estabelecida, acabada. Desse modo, o conhecimento de NDC é necessário para

poder compreender, por exemplo, o porquê dos cientistas nem sempre concordarem entre si ou o porquê, às vezes, serem acusados de tendenciosos (Hansson; Yacoubian, 2020).

Diante do exposto até aqui, identificamos uma tendência em revisitar e, ao mesmo tempo, ressignificar propósitos para a educação científica, dentre eles, a tomada de decisão. Apontamos as necessidades que levaram à emergência, estabelecimento, incluindo diversas interpretações, bem como críticas direcionadas à TD, um dos elos que une educação CTS, NDC e QSC. Ainda que seja um elo, a TD é explorada e manifestada sob diferentes enfoques no contexto de cada campo, o que reforça possibilidades de articulações, com intuito de clarificar novos e históricos problemas da educação em ciências.

#### **4.4 Natureza da ciência: das abordagens teóricas à incipiência de práticas**

O ensino e a avaliação desse ensino, constituem um dos objetivos das pesquisas de NDC. Qual abordagem é mais adequada para ensiná-la? Quais recursos e estratégias possibilitam o ensino e aprendizagem de NDC? (Adúriz-Bravo, 2001; Matthews, 1994; McComas *et al.*, 1998). O que os alunos devem aprender sobre natureza da ciência? Por que é importante ensiná-la? Como eles devem aprender sobre NDC? São perguntas que mobilizam as investigações e que não possuem uma resposta definitiva. A ausência de respostas, dentre outras, transcorre de outro questionamento: “qual história e qual filosofia da ciência favoreceriam o ensino e aprendizado de ciências”? (Assis, 2014, p. 158), existe um consenso acerca da inclusão de NDC nos currículos, mas uma vaguidade quanto às mencionadas questões.

Uma dessas indefinições advém da tentativa de definir NDC. Disso, decorrem muitos dos embates em torno da questão. Os desacordos quanto aos seus princípios fundamentais tornam desafiador determinar quais aspectos devem ser ensinados (Vázquez *et al.*, 2001). Nessa perspectiva, Assis (2014, p. 150) argumenta que:

[...] os objetivos dos cientistas, assim como os dos professores de ciências, não necessariamente convergem com os objetivos dos filósofos. No geral, filósofos entendem que as respostas que os cientistas oferecem quando são questionados sobre a natureza da atividade científica são quase sempre insuficientes. Por sua vez, cientistas frequentemente demonstram pouco interesse nessa questão. Professores têm as mais variadas ideias acerca da NDC. Muitas vezes, suas ideias são consideradas ingênuas.

Discordâncias emergem desde o uso do termo “*Nature of Science*”, sendo também apresentado como “*Nature of Sciences*”, “*Features of Science or Sciences*” e “*Nature of Scientific Knowledge*” (Bonfim, 2020). Segundo Lederman *et al.* (2002), as divergências sobre o que é NDC não são relevantes e não devem interferir no seu ensino.

Nesse sentido, Matthews (1998) pondera que as metas em relação à NDC devem ser mais modestas, sobretudo ao se tratar de aprimorar visões sobre ciência tanto de professores quanto de estudantes. Allchin (2011) pontua que NDC não é filosofia da ciência, mas sim um conjunto de aspectos da natureza e da prática da ciência que devem ser ensinados nas escolas. Ele conclui que não se trata de discutir puramente filosofia, mas de promover uma compreensão mais ampla e crítica da atividade científica.

Consideramos que as discussões filosóficas devem fazer parte do embate (até porque já fazem, uma vez que os pesquisadores da área se baseiam nelas), mas nem tudo é sobre filosofia. Um dos grandes diferenciais/desafios de NDC está em tornar aspectos (não)epistêmicos mais compreensíveis e funcionais para a sala de aula, sem esvaziar ou simplificar os debates metateóricos.

Outrossim, os conhecimentos epistemológicos podem contribuir tanto para compreender quanto para enfrentar problemas do nosso tempo, como os movimentos anticiência e o negacionismo científico. A ciência que os cientistas produzem “ciência real” é a mesma ensinada nos cursos de ciências? A história produzida pelos historiadores da ciência é a história que tem que ser levada para os cursos de ciências? A mesma pergunta cabe para a filosofia da ciência.

A busca por uma definição de NDC leva a busca por definir ciência, o que remete ao problema de demarcação (Irzik; Nola, 2011). Nesse sentido, Laudan *et al.* (1986) declaram: “não temos um quadro geral bem confirmado de como a ciência funciona, nenhuma teoria da ciência é digna de aprovação geral” (p. 142). As atividades científicas variam de acordo com o contexto histórico e social em que são realizadas, conforme mostram os estudos culturais das ciências (Daston; Galison, 2007). Essa diversidade de práticas desafia a ideia de NDC como um construto fixo e universal.

Por outro lado, uma das principais metas dos pesquisadores da área tem sido a busca por um consenso de princípios de NDC, que sem ser inseridos em práticas de ensino (Bonfim *et al.*, 2019). Do ponto de vista prático, aqueles que enfatizam uma

visão de consenso, sustentam que, se é esperado que os professores ensinem *sobre* NDC, então o que os alunos devem aprender deve ser esclarecido (Olson, 2018). Em decorrência disso, uma série de grupos estabeleceram postulados que em tese resumiriam acordos do ponto de vista da filosofia da ciência.

Como grandes representantes da visão consensual destacam-se Abd-El-Khalick (2012), Fernández *et al.* (2002), Lederman *et al.* (2002), McComas; Olson (1998), Osborne *et al.* (2003) e Vázquez-Alonzo *et al.* (2004). Cada um desses autores estabeleceram uma lista de *tenets*<sup>10</sup>, que variam na quantidade e na complexidade de princípios listados. Em busca de uma lista definitiva de postulados sobre NDC, Marín *et al.* (2013) realizaram uma revisão dos referidos estudos, obtendo cerca de 57 proposições extraídas dos artigos e constataram que não há um consenso entre eles, pois cada um apresenta um conjunto diferente de proposições. Ainda assim é possível evidenciar que a maior parte dos aspectos presentes nas listas se concentra no *contexto de justificação*. “O mito do método científico” é o único postulado presente em todas as listas.

Outros elementos ainda frequentes dizem respeito ao “caráter provisório do conhecimento científico”, “a criatividade e imaginação” na produção desse conhecimento, “a carga teórica da observação” e as “influências sociais e culturais” no empreendimento científico. Chama atenção que essas cinco afirmações fazem parte da lista proposta por Lederman *et al.* (2002). A seguir, encontram-se os elementos destacados por Lederman *et al.* (2002) – a descrição de cada uma das afirmações está disponível em Bonfim (2020):

1. A natureza empírica da ciência
2. Teorias e leis científicas
3. A natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico
4. A dependência da teoria na produção do conhecimento científico
5. Influência social e cultural
6. O mito do método científico
7. Caráter provisório do conhecimento científico

Lederman e seus colaboradores procuram abordar tais aspectos de forma explícita e reflexiva na sala de aula. O principal foco de sua abordagem é identificar possíveis mudanças de concepções de ciência, por meio do VNOS, que passou por diversas modificações ao longo dos anos (VNOS - mais detalhes ver tópico 4.2

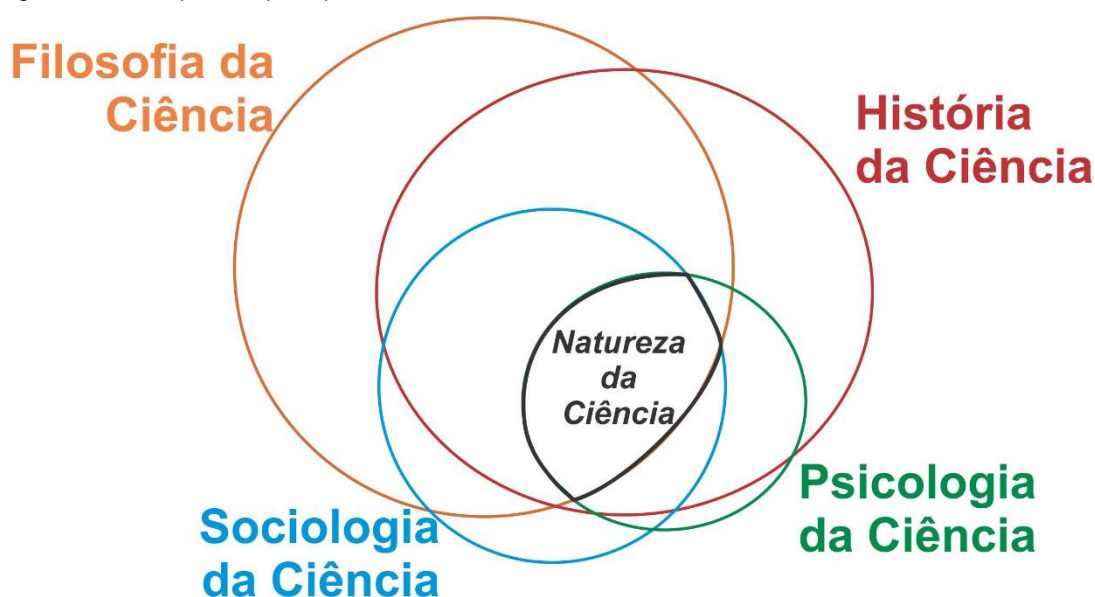
---

<sup>10</sup> *Tenets*: palavra em inglês que significa postulado, princípio.

Natureza da ciência: ideias sobre a (des)contextualização). Muitas vezes, tal questionário é aplicado antes e depois da aplicação de curso ou sequência didática envolvendo NDC (Lederman, 2007).

Assim como Marín *et al.* (2013), alguns trabalhos apresentam como objetivo identificar padrões de consenso sobre aspectos de NDC, porém em documentos curriculares. Nessa perspectiva, encontra-se o estudo desenvolvido por McComas *et al.* (1998), sobre o qual é afirmado que há um alto grau de acordo em relação aos elementos de NDC, em países como EUA, Canadá, Austrália, Nova Zelândia e Inglaterra, ao analisarem oito documentos curriculares. Através dessa revisão, os autores conseguiram dimensionar o nível de influência de cada área (filosofia, história, sociologia e psicologia) nas afirmações sobre NDC, e idealizaram a Figura 10.

Figura 10: Disciplinas que aprimoram o conhecimento de NDC



Fonte: modificada de McComas *et al.* (1998).

A partir da análise do supracitado estudo, fica evidente que NDC, sob a ótica consensual, abrange muitos aspectos ligados à filosofia e à história da ciência, em comparação com a sociologia e a psicologia. Ademais, as declarações destacadas pelos autores podem refletir tanto uma descrição de como os cientistas atuam quanto uma prescrição de como eles deveriam atuar. Todos os documentos analisados por McComas *et al.* (1998) contêm uma declaração sobre a tomada de decisão ética dos cientistas.

Ademais, em todos é afirmado que a ciência é uma prática social e que o conhecimento científico muda ao longo do tempo. Um ponto que chama atenção é o destaque dado à visão kuhninana, pois a maioria dos documentos menciona as revoluções científicas como um agente adicional dessa mudança. Sete documentos afirmam que a ciência tem implicações globais e cinco ratificam a importância do papel que a ciência tem desempenhado no desenvolvimento da tecnologia.

Na tentativa de buscar uma amostra mais ampla de documentos curriculares, Olson (2018) analisa, 20 anos depois, pelo mesmo método de McComas *et al.* (1998), currículos de nove países, incluindo Colômbia, Indonésia, México, África do Sul e Tailândia. Na visão dele, não existe consenso, como sustentado por McComas *et al.* (1998), uma vez que NDC é restrita à introdução dos documentos na maioria dos países. Em outras palavras, NDC desaparece nas descrições do que se espera que os alunos aprendam nos documentos curriculares.

Adicionalmente, as declarações mais frequentes nos currículos são “a ciência influencia a sociedade” (sete dos nove currículos) e “a ciência é um esforço humano contínuo e construtivo” (seis dos nove currículos), aspectos considerados não-epistêmicos, e de certo modo, vinculados à Educação CTS. Em consonância com esses resultados, Lederman e Lederman (2014) notaram um declínio da presença de NDC em documentos e normas nos EUA. Apesar das investidas acadêmicas, a inclusão NDC é considerada “baixa” em todos os documentos estudados, com a notável exceção do documento da Austrália (Olson, 2018).

À medida que a visão consensual foi se popularizando, surgiram preocupações sobre as afirmações declarativas de NDC. Mesmo estudiosos que, a princípio, apoiaram a ideia de consenso, como Clough (2007) e Matthews (2012), passaram a argumentar que essas afirmações retratam mal NDC e não promovem seu ensino de maneira adequada (Olson, 2018). Nisso, têm sido expressas contrariedades quanto ao impulso geral do movimento orientado para o consenso (Hodson; Wong, 2017). São críticas feitas à visão consensual<sup>11</sup>:

- As afirmações sobre NDC são simplificadas demais;
- Não leva em consideração o contexto da produção do conhecimento científico;

---

<sup>11</sup> Resumem as críticas feitas por diversos autores do campo presentes nos trabalhos de Clough (2007), Wong e Hodson, (2009), Allchin (2011), Irzik e Nola (2011), Matthews (2012), Erduran e Dagher (2014), Hodson e Wong (2017), Osborne (2017), Olson (2018), Bejarano *et al.* (2019), Cheung (2020), Bonfim *et al.* (2022).

- Falha em refletir a prática científica contemporânea e as nuances das diferentes áreas;
- As declarações sobre NDC apresentam fragilidades filosóficas – podem conduzir ao relativismo extremo, ver Pereira e Gurgel (2020);
- Apresenta caráter normativo e dogmático;
- Desconsidera o papel da ética e inovações tecnológicas na produção científica;
- Desconsidera o papel das controvérsias científicas;
- Práticas sociais, como a procura por financiamento, a colaboração, a competição e os processos de revisão por pares são negligenciados;
- Não leva em consideração a tomada de decisão dos estudantes;
- Não prioriza a linguagem científica;
- Não enfatiza aspectos não-epistêmicos;
- Desconsidera a investigação científica;
- Ignora as interações CTS.

De acordo com Hodson e Wong (2017) e Irzik e Nola (2011), as declarações sobre NDC são tão resumidas que falham em reconhecer diferenças importantes entre as disciplinas científicas. Allchin (2011) pontua que a simplificação excessiva de NDC nessas listas tem consequências para seu ensino e aprendizagem, principalmente no que diz respeito ao envolvimento cívico (aqui chamamos de participação social) dos estudantes. Na mesma direção, Osborne (2017) argumenta que o ensino dos princípios de NDC é insuficiente para fazer com que os estudantes tomem decisões frente a questões sociocientíficas.

Segundo Matthews (2012), o *Lederman's seven* estimula reflexões sobre NDC no contexto escolar, o que é benéfico. Por outro lado, o autor critica que a lista pode ser vista de modo dogmático, como algo que deve ser seguido, e assim, os aspectos de NDC perdem seu significado. Em princípio, os alunos devem compreender os processos, instituições e contextos sociais em que o conhecimento científico é produzido (Matthews, 2012).

Os elementos que compõem essas listas variam conforme o contexto social e histórico em que a ciência é praticada, e não podem ser tomados como universais e imutáveis, esclarece Allchin (2013). Desse modo, a imagem de ciência transmitida por essas listas é limitada, estreita e descontextualizada da história das ciências, perdendo sua dimensão holística. Em determinado contexto, os cientistas podem recorrer mais à sua “criatividade e imaginação” do que às “teorias e leis” vigentes (Bonfim *et al.*, 2019).

O filósofo defende que reconhecer as “verdades parciais” sobre as ciências não resolve o problema instaurado pelos debates e controvérsias nas comunidades científicas. No mais, a ideia do caráter provisório, ao ser interpretada de forma extremamente literal, pode levar ao entendimento de que todo o conhecimento científico nada mais é do que transitório (Hodson; Wong, 2017).

Para Lederman *et al.* (2002), é crucial que os alunos saibam distinguir lei de teoria, inferência de observação. Sobre teorias, Olson (2018) afirma que qualquer tentativa de as descrever é enganosa e sanitiza o processo científico. A história da ciência contém muitos casos em que novas evidências, que não foram explicadas pela teoria vigente, foram simplesmente rejeitadas, consideradas uma anomalia ou atribuídas a erros metodológicos ou de procedimento.

Allchin (2011) pontua que a linguagem científica é ambígua e flexível e não segue as normas prescritivas de Lederman e seus colegas, sendo inútil saber essas distinções. Na mesma linha, Hodson e Wong (2017) condenam o que chamam de negligência da visão consensual com a linguagem científica, essencial para construção do conhecimento científico, apreciação de diferentes visões e aproximações com QSCs. Mesmo a ideia de que a observação é enviesada teoricamente, por exemplo, não partilha de um consenso (Pessoa-Júnior, 2013).

A opção de Lederman e colaboradores de restringir NDC à natureza do conhecimento científico, deixando de lado considerações sobre a complexa natureza da investigação científica (com suas matrizes teóricas, procedimentais e instrumentais), é criticada como uma falha de representação, segundo Hodson e Wong (2017). Para os autores, a visão consensual também falha ao não abordar claramente como as influências culturais devem ser tratadas, se internas ou externas às ciências (ou ambas), quais elementos são mais relevantes, além de não tomar posição sobre essas influências na produção do conhecimento científico e considerar controvérsias científicas pouco relevantes para discussão no ensino básico.

Outro ponto dissonante entre a visão consensual e seus críticos se refere à pouca atenção dada ao que cientistas entendem como NDC, sendo priorizadas opiniões de filósofos, historiadores e sociólogos da ciência. Entendemos que a extensão das discussões sobre aspectos cruciais de NDC a cientistas pode fomentar a participação social, aludida na educação CTS.

Ainda, o ensino e aprendizagem de NDC a partir de uma ótica consensual pode fomentar uma visão essencialista e normativa do empreendimento científico (Bonfim

*et al.*, 2022). Tal visão transparece que atividades consideradas científicas devem ser enquadradas sob um grupo de critérios ou uma essência. O ensino de NDC menos essencialista deve ser estimulado, pesando as unicidades de cada prática científica com o apoio da história das ciências (Bonfim, 2020).

Em defesa às críticas feitas à *Consensus View*, Schwartz *et al.* (2012) afirmam que a lista proposta por Lederman e colaboradores não tem a intenção de ser definitiva ou abranger todos os aspectos de NDC, nem apresenta aspectos isolados ou desvinculados do contexto científico. Os autores não justificam por que essa lista não pode ser considerada como descontextualizada. Além disso, Schwartz *et al.* (2012) asseveram que a *Consensus View* é fundamentada em documentos curriculares e em evidências empíricas, resultantes de mais de 50 de anos de pesquisa (Lederman *et al.*, 2014).

Devido discordâncias à visão consensual, emergem diferentes construtos teóricos-metodológicos de NDC. Dentre eles, destacamos a *Whole Science*, proposta por Allchin (2011, 2013, 2017); *Family Resemblance Approach – FRA*, desenvolvida por Irzik, Nola (2011), Erduran e Dagher (2014); o MoCEC (Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências), produzido por Justi e Erduran (2015) e atualizado por Santos (2018) e Santos *et al.* (2020); o IM-NOSBIO (*Integrative Model for Teaching NOS in Biological Education*), proposto por Inêz *et al.* (2023).

Por fim, ressaltamos a *Features of Science – FOS*, perspectiva de Matthews (2012), que apesar de criticar as listas consensuais, sugere uma abordagem parecida, porém com mais declarações sobre NDC (ele inclui muitos fatores não-epistêmicos em sua lista).

#### 4.4.1 Abordagem Family Resemblance

Originalmente concebida como uma crítica tecida às generalizações sobre ciências constantes nas listas consensuais, a abordagem da *Family Resemblance – FRA* busca apresentar características comuns a todas as ciências e salientar as particularidades ao discutir ciências específicas, sendo aplicada em variados contextos (Dagher; Erduran 2014, 2016; Erduran; Dagher, 2014; Erduran *et al.*, 2019; Inêz *et al.*, 2023; Irzik; Nola, 2011, 2014; Kaya; Erduran, 2016; Kostøl *et al.*, 2023).

Inspirados em Wittgenstein (1958), que contrapõe os conceitos de triângulo (definido explicitamente) e de jogo (que abarca atividades variadas), Irzik e Nola

(2011) indicam que definições de ciências estão abertas a debates e podem abarcar atividades com pouco em comum, como zoologia e arqueologia, do mesmo modo que jogos abrangem do esconde-esconde a jogos de cartas. Nesse sentido, evocam a concepção wittgensteiniana de semelhança familiar, que explicita que determinados conceitos (ciência e jogo, por exemplo) não possuem um determinado conjunto de características que os definem (como triângulo possui) e, assim como membros de uma família, guardam determinadas feições comuns entre si, enquanto outras lhes são únicas.

Esmiuçando práticas comuns e únicas (observação, experimentação, testes randomizados, testes hipotético-dedutivos etc.) na investigação científica de uma miríade de campos (astronomia, física, biologia evolutiva, ciências médicas e de terremotos), Irzik e Nola (2011) classificam quatro categorias para descrição estrutural de NDC (Quadro 12): (1) atividades, (2) metas e valores, (3) metodologias e regras metodológicas e (4) produtos.

Quadro 12: Categorias de descrição estrutural da NDC

Ciência			
1 Atividades	2 Metas & Valores	3 Metodologias & Regras metodológicas	4 Produtos

Fonte: modificado de Irzik e Nola (2011).

O foco inicial em aspectos epistêmicos foi corrigido por modelos subsequentes, cada vez voltados a atender dimensões descritivas de relações sociais, políticas e financeiras (Irzik; Nola, 2014; Dagher; Erduran, 2016), destacando-se a roda FRA de Erduran e Dagher (2014) que adicionou às categorias de Irzik e Nola (2011), quatro componentes da ciência como sistema social-institucional e três referentes às influências da sociedade como um todo. Com modificações posteriores, a abordagem chegou à sua lista final de onze categorias representativas da atividade científica, com sua designação mais recente sendo a RFN (*Reconceptualized Family Resemblance Approach to the Nature of Science*, Kaya; Erduran, 2016; Erduran *et al.*, 2019), do inglês “Abordagem Reconceptualizada de Semelha Familiar para a Natureza da Ciência”.

Dentre as proposições mais recentes, estão onze categorias de NDC listadas no contexto da FRA por Erduran *et al.* (2019), delimitadas em dimensões do sistema cognitivo-epistêmico, com quatro, e dimensões do sistema social-institucional, com

sete categorias. O primeiro grupo inclui (1) metas e valores, (2) práticas científicas, (3) métodos e regras metodológicas e (4) conhecimento científico, enquanto no segundo estão incorporadas (5) atividades profissionais, (6) ethos científico, (7) certificação e disseminação sociais, (8) valores sociais da ciência, (9) organizações e interações sociais, (10) estruturas de poder político e (11) sistemas financeiros.

Recentemente, Kostøl *et al.* (2023) analisaram os currículos de física, biologia e química implantado entre 2020 e 2021 na Noruega sob a ótica da abordagem Family Resemblance, proposta por Erduran e Dagher (2014). As pesquisadoras destacaram que dominam aspectos do sistema cognitivo-epistêmico e identificaram sete das 11 categorias da FRA nos currículos: metas e valores, métodos, práticas, conhecimento, ethos científico, valores sociais, certificação e disseminação sociais e organizações e interações sociais. As autoras enfatizam a importância do ensino explícito de NDC e de valores sociais (representados pelo sistema social-institucional), pouco presentes nos currículos, porém essenciais para preparar estudantes para participação na sociedade e no trabalho.

#### 4.4.2 Abordagem MoCEC

A partir de uma base teórica diversificada, contrastando com os modelos anteriores, Justi e Erduran (2015) propuseram o MoSSE (*Model of Science for Science Education*), posteriormente traduzido por Santos *et al.* (2020) como MoCEC (Modelo de Ciências para o Ensino de Ciências) e atualizado como MoCEC v.2 pelas mesmas autoras. Buscando uma visão alternativa às listas de *tenets* e afirmações, Justi e Erduran (2015) trazem uma representação visual, a *Science Eye*, indicando como ferramenta para formação de professores de ciência.

O Science Eye apresenta o MoCEC como uma roda gigante (fazendo menção à *London Eye*, a mais alta da Europa), onde cada cabine simboliza as perspectivas disciplinares sobre visão de ciências trazidas pelo modelo – economia, filosofia, história, sociologia, psicologia, antropologia e cognição da ciência. A atualização proposta por Santos *et al.* (2020), MoCEC v.2, se destaca por incluir uma “base filosófica” na roda gigante, por suprimir cognição (através da inclusão na psicologia), por determinar que as áreas se referenciam à ciência, caracterizando as áreas de conhecimento e aspectos de NDC em cada uma delas.

O MoCEC foi concebido por Justi e Erduran (2015) de acordo com ponderações que incluem a importância de uma representação visual facilmente comunicável a professores, as críticas às listas consensuais de Lederman e seus colaboradores e o entendimento que as propostas de Allchin podem amparar conteúdos de NDC. As autoras nortearam o modelo sob duas premissas, a de que a ciência, como complexo empreendimento cognitivo, epistêmico e social, vem sendo caracterizada sob diversas óticas disciplinares, e a de que uma visão mais abrangente *sobre* ciências é favorecida na educação em ciências quando argumentos *sobre* ciências derivam de perspectivas variadas (Justi; Erduran, 2015; Santos *et al.* 2020).

Retratando sete perspectivas disciplinares para visão de ciências como cápsulas distribuídas em oito posições (apenas uma vazia) de uma roda gigante, o MoCEC busca apontar diferentes visões *sobre* ciências que podem emergir, ainda, a depender da posição, movimentação e quantidade de indivíduos dentro de cada cápsula (Santos *et al.*, 2020).

Em sua primeira versão, o MoCEC apresentava como perspectivas (i) filosofia da ciência, especificamente no que concerne o significado de ciências e seus aspectos epistemológicos; (ii) cognição da ciência – referente aos processos de aquisição de conhecimento; (iii) psicologia da ciência, relativa ao comportamento e processos mentais de cientistas;; (iv) sociologia da ciência, cujo foco são as relações de influência entre sociedade e comunidade (e produção) científica; (v) antropologia da ciência, que enxerga trabalho científico como forma de ação social e desenvolvimento do conhecimento científico como forma de produção cultural; (vi) economia da ciência, que estuda a influência de fatores econômicos nas atitudes dos cientistas; (vii) história da ciência, voltada à compreensão do desenvolvimento dos conhecimentos científicos, o que reforça seu caráter provisório (Justi; Erduran, 2015).

As três primeiras disciplinas (filosofia, cognição e psicologia) tiveram suas perspectivas alteradas na segunda versão do modelo. Santos *et al.* (2020) argumentam que a filosofia, como área complexa e que dialoga com as demais áreas do modelo, está mais bem colocada como uma “base filosófica”, que pode expressar um “olhar filosófico” sobre os demais temas. As autoras indicam a substituição de “perspectivas disciplinares” por “áreas de conhecimento”, por considerarem que a nova terminologia enfatiza que cada cápsula representa um amplo corpo de conhecimento, com suas próprias subdivisões, mutáveis de acordo com cada perspectiva. Ainda, explicam a fusão entre psicologia e cognição da ciência como uma

forma de alinhar o modelo à dificuldade de segregar processos mentais e comportamentais, também experimentada na própria psicologia.

Para Santos *et al.* (2020), essa mescla ainda favorece a utilização do MoCEC v.2 como ferramenta de análise de dados ao eliminar categorias de difícil distinção, mais excludentes. Deste modo, este modelo apresenta uma base filosófica e seis áreas de conhecimento representadas pelas cápsulas filosofia, psicologia, antropologia, sociologia, economia e história da ciência – além da cápsula referente a possíveis áreas que podem emergir (também presente na primeira versão).

O MoCEC v.2, discorrem Santos *et al.* (2020), caracteriza a ciência sob a luz de seis áreas de conhecimento, que englobam 37 aspectos de NDC (muitos presentes em mais de uma delas). As autoras salientam a lista de aspectos apresentados como representativa, não exaustiva no que tange os aspectos de NDC dentre cada área de conhecimento. Do mesmo modo que Justi e Erduran (2015), Santos *et al.* (2020) enfatizam a importância da representação visual analógica do MoCEC (e v.2) como forma de facilitar a inserção de conteúdos de NDC no Ensino Básico.

Como experiência exitosa, as autoras mencionam Siqueira (2019), que utilizou o MoCEC v.2 como base teórica para a proposição de atividades desenvolvidas com estudantes do ensino médio sobre o filme “O Menino que Descobriu o Vento”. As autoras narram a discussão contextualizada e explícita de aspectos da psicologia da ciência, no contexto da discussão de conteúdos curriculares de física. Em relação ao ensino superior, o modelo é proposto como uma ferramenta para apresentar e ampliar conhecimentos de futuros professores, além de inspirar atividades mais autênticas, menos voltadas ao ensino declarativo.

Santos *et al.* (2020), igualmente, indicam a potencialidade do MoCEC v.2 como ferramenta de análise de dados, isto é, para investigar visões *sobre* ciências e conhecimentos de NDC em variados níveis. O emprego do MoCEC v.2 como ferramenta investigativa foi examinado por Lima *et al.* (2021). Os pesquisadores examinaram aspectos de NDC em um portfólio de uma professora em formação no curso de Química, matriculada na disciplina História da Química. A pesquisa desenvolvida em sala de aula, acompanhou as impressões de uma discente sobre aulas e textos sobre HC, expressas através de textos sobre o que havia entendido e destacava *sobre* Ciências.

Em relação aos casos históricos apresentados na investigação, os autores identificaram 23 aspectos de NDC, enquadrados nas seis áreas de conhecimento do

MoCEC v.2. A maior parte (nove) dos aspectos está relacionada à psicologia da ciência. Ao salientar o potencial da ferramenta para identificação e introdução de aspectos de NDC, Lima *et al.* (2021) corroboram com Santos *et al.* (2020) ao alertar que o MoCEC v.2 pode gerar dificuldades para pesquisadores inexperientes, exigindo que haja compreensão sobre limites de cada área e significados dos aspectos de NDC.

Voltando-se ao ensino sobre NDC no contexto da educação biológica, Inês *et al.* (2023) propuseram o modelo IM-NOSBIO (*Integrative Model for Teaching NOS in Biological Education*, em português “Modelo Integrativo para Ensinar NDC em Educação Biológica”). Os autores alicerçaram o modelo sobre três pilares, sendo eles a abordagem da *Family Resemblance* (FRA e suas atualizações) de Erduran e Dagher (2014, e trabalhos posteriores), o arcabouço conceitual de biologia apresentado por Scheiner (2010) e a concepção pragmática de modelos como artefatos epistêmicos, proposta por Knuutila (2011).

No contexto do IM-NOSBIO, a FRA (e a atualização RFN – *Reconceptualized Family Resemblance Approach to the Nature of Science*, Kaya; Erduran, 2016; Erduran, 2019) é evocada para descrever características mais relevantes do trabalho científico, dividido em sistemas cognitivo-epistêmico (valores, métodos, práticas etc.) e social-institucional (*ethos* científico, aspectos sociais e financeiros etc.), apontam Inês *et al.* (2023) ancorados em Erduran e Dagher (2014). Além do arcabouço conceitual voltado à biologia, um aspecto importante do IM-NOSBIO é a discussão abrangente sobre modelos, centrada principalmente nos trabalhos de Knuutila e colaboradores, que os coloca como artefatos epistêmicos e inclui aspectos como performance, valor e materialidade.

A proposição do IM-NOSBIO é acompanhada de um exemplo sugestivo para aplicar o modelo para o ensino de NDC a partir da história da teoria celular. Nesse exemplo, Inês *et al.* (2023) abordam cinco das 11 categorias estabelecidas pela FRA/RFN, sendo elas (i) práticas, (ii) conhecimentos; (iii) atividades profissionais, (iv) certificação e disseminação sociais; (v) organizações e interações sociais. As cinco categorias relacionadas ao empreendimento científico na biologia, comburentes para discussões de aspectos de NDC, estão organizadas em torno de um círculo, denominado “roda RFN”, que exprime relações traz explicações sobre cada categoria como podem ser exploradas no contexto proposto. Para os autores, as práticas são um conjunto de ações epistêmicas e cognitivas (observações, experimentos,

notações) que resultam no conhecimento científico, através da certificação social. Aspectos de NDC fundamentais como papel da observação, a necessidade da confiabilidade em práticas de observação e relações entre evidências empíricas e observações da natureza.

Ao prosseguir a descrição do exemplo de aplicação para o IM-NOSBIO, Inês *et al.* (2023) apresentam discussões integradas sobre aspectos epistêmicos e não epistêmicos no desenvolvimento do conhecimento sobre a teoria celular, a exemplo do desenvolvimento de disciplinas científicas fundamentais para esta teoria, o caráter provisório do conhecimento científico, dos mecanismos de avaliação, validação e disseminação do conhecimento interna e externamente à comunidade científica. Apontando a riqueza dos debates que podem emergir com diferentes aspectos de FRA, os autores consideram que o ensino de NDC via IM-NOSBIO pode ser combinado a diferentes abordagens como CTSA, QSC e ensino investigativo.

Em função das críticas e das recentes reformas curriculares nos EUA, o grupo de Lederman vem assumindo novos compromissos e propósitos. Entre eles, destacamos a adesão ao argumento **democrático** (tópico 4.3 Natureza da ciência: a tomada de decisão como um (des)propósito), bem como os estudos relacionados às aproximações entre natureza do conhecimento científico (NOSK) – se equivalendo a NDC – e a investigação científica (Lederman, 2019), além dos aprofundamentos sobre as noções de investigação científica e potencialidades de uso em sala de aula (Lederman *et al.*, 2019).

Moura *et al.* (2020) apontam que tanto a *Whole Science* quanto a *Family Resemblance Approach* apresentam “tendências normativas”. Embora as perspectivas de NDC tenham diferentes graus de normatividade, ou seja, de prescrição do que é considerado “adequado ou inadequado”, elas são úteis para orientar as práticas científicas e educacionais. Por isso, vários pesquisadores da área de Ensino de Ciências têm buscado formas de tornar esses conhecimentos mais acessíveis e significativos para a educação em ciências.

A presunção da adoção de uma única abordagem, considerada a mais “correta” exclui a possibilidade de reflexão e comparação das diferentes perspectivas do campo. Assim, professores (incluindo os em formação) perderiam a oportunidade de se posicionarem criticamente a esse respeito (Bonfim, 2020).

Em resumo, esses embates não devem se limitar apenas à pesquisa, mas também não faz sentido que professores e estudantes compreendam plenamente

toda a amplitude dessa discussão (Bonfim, 2020). O importante é que eles cheguem à sala de aula. Ainda, são incipientes abordagens que levem em consideração o contexto da América Latina, reforçando necessidades de aproximação com a Educação (PLA)CTS.

#### 4.4.3 Para além da *Whole Science*: as *fakes news* e as mídias sociais

Considerando as críticas feitas à visão consensual e as dificuldades dos professores para abordar NDC em suas respectivas disciplinas, Allchin (2011, 2013, 2017) propõe a abordagem *Whole Science*. O autor usa a metáfora da "comida integral" ("*whole food*") para defender que a ciência deve ser ensinada e aprendida de forma holística, sem deixar de lado nenhum elemento essencial para seu entendimento, sublinhando a integridade da prática científica (Bejarano *et al.*, 2019). Sua abordagem visa, entre outros aspectos, capacitar os estudantes para se posicionarem sobre assuntos inerentes à ciência e tecnologia, o que inclui também o contexto midiático, onde as afirmações científicas podem ser distorcidas, fraudadas ou invalidadas, influenciando também na tomada de decisão (Höttecke; Allchin, 2020). Em outras palavras, significa dizer que os estudantes necessitam apreender como a ciência funciona para poder discernir entre afirmações cientificamente válidas e *fake news*.

Para Allchin (2011), a *Whole Science* oferece uma visão mais autêntica da prática científica contemporânea, ao considerar tanto aspectos experimentais e conceituais da produção científica quanto aspectos sociais e culturais que a influenciam. Isso contribui para uma visão mais abrangente de NDC, que reconhece tanto aspectos normativos quanto descritivos, contemplando a ciência já estabelecida e a ciência em construção.

Referenciando-se também na teoria de redes de Bruno Latour, Allchin (2011, 2017) produz o inventário parcial das dimensões de confiabilidade na ciência, também chamado de perfil de confiabilidade na ciência (Quadro 15: Inventário parcial de confiabilidade na ciência). Esse inventário reúne um conjunto de dimensões organizadas em três grandes grupos: observacionais, conceituais e socioculturais. De acordo com o autor, nem posturas científicas, tampouco o cinismo anticiência encontram espaço em seu inventário, por possibilitar que os alunos avaliem desde promotores a críticos da ciência (Allchin, 2013). O autor ainda completa: "o ceticismo

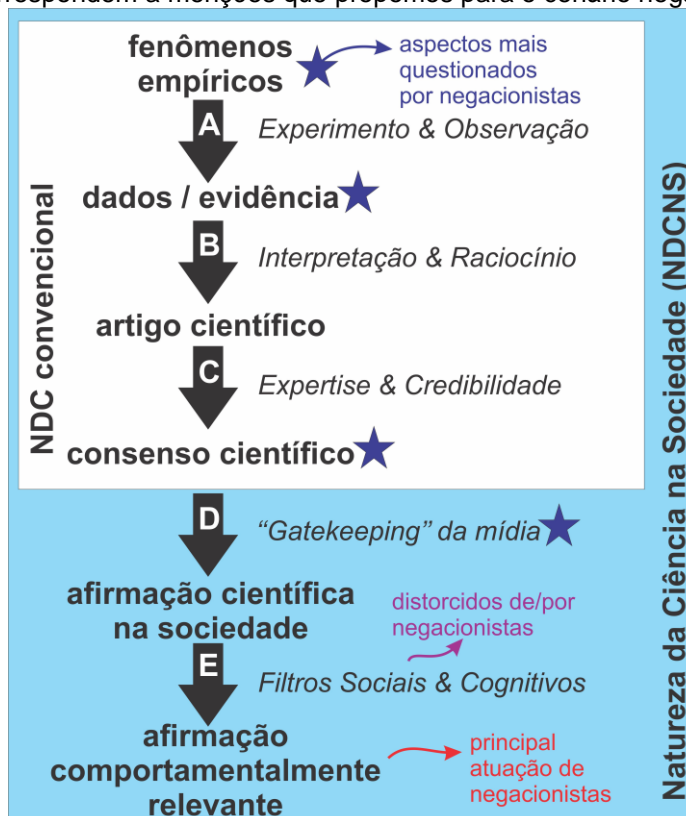
cego não é melhor que a fé cega. [...] Duvidar de tudo ou acreditar em tudo são duas soluções igualmente acomodáticas, qualquer uma das quais nos afasta da reflexão” (Allchin, 2013, p. 43, tradução nossa).

As dimensões concebidas por Allchin são parciais e não definitivas, pois podem mudar conforme o desenvolvimento do conhecimento científico e novas atualizações são integradas ao perfil (Allchin, 2011). Para o autor, as dimensões traduzem como a ciência opera e, também, como ela pode falhar e por quê. Em seu livro “*Teaching the Nature of Science: perspectives and resources*”, publicado em 2013, Allchin propôs algumas alterações no inventário parcial nas dimensões de confiabilidade na ciência que havia apresentado em 2011. Entre as mudanças, destacam-se a adição da dimensão “padrões de raciocínio”, que se desdobrou da dimensão “observações e raciocínio”, e a introdução das dimensões históricas e humanas, que reúnem aspectos antes vinculados à criatividade nas “dimensões históricas”. Em 2017, Allchin publica o inventário em um novo artigo, mas sem modificações em relação à versão de 2013.

Em 2020, Höttecke e Allchin (2020) expandem a dimensão de comunicação do perfil de confiabilidade, a fim de abarcar elementos da estrutura de conhecimento e domínio do discurso, como confiança e dependência epistêmicas, expertise, consenso etc.; comunicação científica, como *gatekeeping* da mídia e conflito de interesse; engajamento no discurso da comunicação, como viés de confirmação e raciocínio motivado. Notamos que tais elementos se repetem vinculados a outras dimensões no perfil de confiabilidade de 2013. No entanto, os autores não se aprofundam nessas discussões. No caso da dependência epistêmica, os autores se apoiam e indicam referências adicionais, como Hardwig (1985) e Gaon e Norris (2001).

Ademais, Höttecke e Allchin (2020) concebem um novo modelo (complementando o inventário), que evidencia a Natureza da Ciência na Sociedade (NOSIS, ou em português NDCNS). As preocupações de Allchin e seus colaboradores com fatores relacionados à comunicação no contexto das fake news os motivam a enfatizar aspectos externos da atividade científica no âmbito da alfabetização científica midiática. Vale salientar que a separação entre ciência e sociedade tem fortalecido os movimentos negacionistas (Condé, 2023). Consideramos que para contemplar o negacionismo científico, o modelo necessita de modificações, como as apresentadas na Figura 11.

Figura 11: A trajetória de uma afirmação científica no contexto da NDC na sociedade. Os trechos em destaque colorido correspondem a menções que propomos para o cenário negacionista



Fonte: Traduzido e modificado de Höttecke e Allchin (2020).

Como exposto na Figura 11, consideramos que os negacionistas tendem a desconfiar explicitamente dos fenômenos empíricos ou das evidências que são coletadas por cientistas. Ademais, eles se apoiam em estudos científicos já descreditados, o que remete também aos ataques que desferem contra os consensos científicos. Isso ocorre, por exemplo, quando terraplanistas julgam como verdadeiros apenas os fatos e evidências que suportam suas crenças equivocadas.

Negacionistas, em alguma medida, se valem da ciência, mas desconsideram o que especialistas apontam como consenso. Do mesmo modo, ao buscar explicações alternativas, descredita o que é propagado pela mídia, que se baseia em consensos científicos para comunicar sobre ciência. Essa atuação é alicerçada em distorções dos filtros sociais e cognitivos, que podem ser a causa do negacionismo ou o alvo de seus adeptos. Ao manipularem informações científicas, desvirtuam tais filtros com o objetivo de atrair novos seguidores. Toda essa estratégia negacionista tem como cerne afirmações que influenciam o comportamento de cidadãos, como, por exemplo, quando induzem outros a não se vacinarem.

No que se refere à sala de aula, a partir da *Whole Science*, os estudantes são desafiados a investigar casos históricos e/ou atuais relacionados à ciência, por meio de uma problemática proposta pelo professor. Esses casos devem possibilitar a integração de conteúdos científicos, habilidades do processo científico e lições sobre NDC. Os temas são apresentados sob a forma de um enunciado, envolvendo um assunto controverso na contemporaneidade ou recorte histórico (que também pode ser controverso). Segundo Allchin (2013), casos controversos possibilitam entender as visões dos alunos sobre questões epistemológicas, estruturais e o nível de suas compreensões sobre os comportamentos/relações entre cientistas, atitudes perante a ciência, confiabilidade, em resumo, sobre a prática científica.

Na abordagem dos casos, os alunos são convidados a assumir diferentes posicionamentos. Para a tomada de decisão, eles contam com uma variedade de fontes de informação, como artigos científicos, sites, revistas, notícias e documentos oficiais, disponibilizados pelo professor (ou não). Nesse processo, o inventário parcial de confiabilidade auxilia os alunos a identificarem aspectos de NDC presentes no caso em questão. Da mesma forma, o inventário pode ajudar o professor a avaliar se os estudantes analisam o caso de modo pertinente. A atividade pode ser feita em grupo ou individualmente e o professor pode monitorar, guiar e assistir aos estudantes. As temáticas também podem ser exploradas via Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), na qual os estudantes desenvolvem autonomia e práticas de pesquisa (Allchin, 2013).

Como exemplos de práticas educativas no contexto da *Whole Science*, destacamos o trabalho de Santos (2018), que utiliza uma adaptação do perfil de confiabilidade para avaliar a compreensão sobre ciência de alunos do 1º ano do Ensino Médio, a partir da abordagem de um caso histórico sobre Marie Curie em uma dinâmica de júri simulado. Da mesma forma, Almeida e Justi (2019) abordaram um caso histórico sobre a cientista Marie Curie em uma turma composta por licenciandos de Química, sob a perspectiva proposta por Allchin (2013). Outro estudo usa uma versão adaptada do inventário proposto por Allchin para suplantiar a análise dos conhecimentos mobilizados por licenciandos em Química no planejamento de uma aula a partir de reflexões sobre NDC (Almeida; Justi, 2020).

Jesus (2021) se fundamenta na *Whole Science* para identificar aspectos de NDC no discurso de licenciandos em Biologia quando se deparam com casos controversos, usando como disparadores da discussão, as temáticas “energia

nuclear” e “agrotóxicos”. Chama atenção que o autor consegue estabelecer uma relação entre as controvérsias sociocientíficas e a dimensão sociocultural do perfil de confiabilidade de Allchin, no que tange à credibilidade de revistas científicas e mídia, ao papel das crenças culturais, da ideologia e da religião.

Oliveira (2021) também se baseia na *Whole Science* para averiguar o ensino e a compressão dos alunos sobre NDC, por meio de uma controvérsia relacionada às dietas *low carb* e *low fat* para licenciandos em Química. Um trabalho mais recente, também centrado na formação de professores, é apresentado por Brenzam Filho e Andrade (2023). Sob a perspectiva de Allchin, o estudo se baseia na abordagem do episódio de fraude da vacina promovido por Wakefield e seus colaboradores. Os autores procuraram abordar os três grupos do inventário ao discutir tal caso e perceberam que os aspectos observacionais se destacaram na fala dos alunos.

Em resumo, as investigações exploram tanto casos históricos quanto casos controversos e contemporâneos. Ademais, destacam aspectos socioculturais, em detrimento dos conceituais e observacionais. Além disso, ressaltam as potencialidades do uso do inventário parcial, ao utilizá-lo em diferentes situações e níveis de ensino, principalmente relacionado ao ensino funcional e contextualizado de NDC. Vale salientar que as adaptações feitas ao perfil de confiabilidade levam em consideração suas limitações para as pesquisas em questão

É possível identificar algumas semelhanças entre a abordagem de Allchin e as QSC. Ambas consideram importante compreender a distinção entre a ciência em construção e a ciência pronta, além de se basearem em temáticas relevantes socialmente, de preferência controversas. No mais, têm como objetivo a tomada de decisão. Porém, enquanto para Allchin NDC assume um papel central, nas QSC ela é vista como uma ferramenta.

Outro ponto que distancia essas duas propostas é a frequência com qual são aplicadas em situações de ensino. Muito mais frequentes são estudos que buscam sumarizar as contribuições das QSC, incluindo as resultantes das práticas de pedagógicas (Conrado; Nunes-Neto, 2018; Dionor *et al.*, 2020; Melo *et al.*, 2021; Yun *et al.*, 2020). De modo geral, as abordagens pós-críticas à visão consensual têm tido pouca penetração em sala de aula, pois além de serem recentes, o campo parece se dedicar mais às discussões de caráter teórico.

#### 4.5 Aplicando a *Whole Science* em contexto negacionista

O objetivo desta seção é explorar o potencial pedagógico da *Whole Science* para discutir a natureza da ciência em contexto negacionista. As potencialidades dessa abordagem se devem à ampliação do inventário parcial de confiabilidade na ciência, de modo também a abarcar as preocupações com o contexto das fake news e, por conseguinte, do negacionismo.

Ademais, essa ampliação leva em consideração a educação CTS, uma vez que seus autores reconheceram que o ensino e a aprendizagem da NDC têm sido focalizados em aspectos internos da ciência (Gandolfi, 2018, 2019; Cofré *et al.*, 2019; García-Carmona, 2024). Então, deixando de lado como a ciência impacta a economia, a política, a ética e como essas questões as influenciam. Essas questões, que têm sido mais bem tencionadas pela educação CTS, precisam ser integradas às abordagens de NDC (Höttecke; Allchin, 2020). Assim, a *Whole Science* parece oferecer subsídios para a articulação CTS-NDC.

Como temática, selecionamos publicações do tipo *fact-checking* que procuram comprovar que não há relação entre vacinas e autismo. Esse tema foi escolhido em função se tratar de uma temática da contemporaneidade, marcada pelo negacionismo, pois os movimentos antivacina vêm impactando a saúde da população e têm ensejado muitas polêmicas, sobretudo, a disseminação de notícias falsas.

As *fact-checking* surgiram em resposta ao movimento negacionista, como um novo modelo jornalístico que busca combater a desinformação através da verificação de informações que circulam na internet, principalmente as vinculadas em redes sociais. Dessa forma, podem se tornar um recurso a ser utilizado nas aulas de ciências, especialmente no âmbito do negacionismo científico.

##### 4.5.1 *Entre o negacionismo e a desconfiança nas ciências: contribuições para o ensino de ciências*

O negacionismo científico é um fenômeno marcado pelo descrédito, pela descredibilidade, pela desvalorização, pela falta de confiança e pelo ceticismo na ciência e suas instituições (Gurgel, 2023). É um movimento que surge de vários lugares. Há o negacionismo histórico, quando se nega a ocorrência do Holocausto, por exemplo; climático, quando se nega a existência do aquecimento global; evolutivo,

quando se advoga em favor do design inteligente e do criacionismo em detrimento da teoria evolucionista; do formato da Terra, quando se defende que a Terra é plana; da pandemia de COVID-19 e das vacinas, de certa forma imbricados, pois houve (e tem havido) muita recusa à vacinação, apesar de os movimentos antivacina serem anteriores à pandemia.

O termo “*denialism*” ou “negacionismo” praticamente não era usado até antes da década de 2000, período no qual se inicia uma curva de inflexão ascendente no Google Books Ngram Viewer. Vários autores de diferentes áreas vêm estudando a questão. Aqui, destacamos o que pesquisadores da história, filosofia e educação em ciências vêm discutindo a respeito da temática, embora esse recorte por si só já limite as discussões, uma vez que boa parte desses autores sugere que a separação entre ciência e sociedade seja o nó górdio dessa problemática. Mesmo que diferentes campos busquem uma resposta individual, o negacionismo inegavelmente é um fenômeno complexo e multidisciplinar.

Por serem consideradas posturas “avessas à ciência” e frequentemente associadas entre si, pseudociência, negacionismo, ceticismo e anticientificismo muitas vezes são vistas como semelhantes, embora apresentem significados diferentes (Miguel; Santos; Souza, 2022). Aqui, enfocamos nos movimentos negacionistas que, em maior ou menor ênfase, se apoiam em teorias conspiratórias, espalham fake news e se baseiam na negação de conhecimentos científicos já estabelecidos por consenso; ao contrário, aderem a discursos “controversos” na comunidade científica. Ou seja, a desconfiança vem da implantação de uma incerteza na comunidade científica sobre determinado assunto, como na recorrente máxima “cientistas não estão certos disso e por isso eu vou duvidar da existência/origem do aquecimento global”.

Nas palavras de Latour (2014, p. 16): “o sucesso dos negacionistas não reside em vencer algum conflito, mas simplesmente em assegurar que o resto do público esteja convencido de que há um conflito”. Isso já é suficiente para paralisar as políticas públicas de combate às mudanças climáticas, principalmente quando líderes políticos (como Donald Trump, Jair Bolsonaro e Rishi Sunak, entre outros) adotam essa postura em prol de seus próprios interesses.

Apesar de todos esses movimentos serem denominados “negacionistas”, cada um possui suas próprias características e apresenta diferentes níveis de aproximação com a ciência. Superficialmente, podemos admitir que em uma escala decrescente de

desconfiança, temos: criacionistas, terraplanistas, antivacina e negacionistas do aquecimento global. Para os criacionistas, a teoria evolutiva, que tem Darwin como figura central, é falsa e tratada como heresia, visto que atribuem à Bíblia as explicações legítimas. Desse modo, negam todo conhecimento científico que consideram um ataque às suas crenças religiosas. Por outro lado, os terraplanistas buscam algum amparo nas ciências (mesmo que de forma torpe) para paradoxalmente sustentar seus questionamentos sobre teorias amplamente aceitas por cientistas.

Do ponto de vista científico, nunca existiu um debate sobre a planicidade da Terra. É uma discussão desconsiderada pela comunidade científica (Bonfim; Garcia, 2021). Entretanto, eles se apoiam em conhecimentos físicos consolidados, como eletromagnetismo, enquanto desconsideram outros, como a gravidade. Todavia, o movimento antivacina tem suas raízes ligadas à comunidade científica, pois uma de suas grandes lideranças é Andrew Wakefield, médico e pesquisador (atualmente com registro cassado) que publicou um artigo na *The Lancet*, uma prestigiada revista da área de medicina, relacionando autismo à vacina tríplice viral.

Posteriormente, foi comprovado que o então médico, incorrendo em má conduta, fraudou a pesquisa. O estrago, porém, já estava feito, uma vez que seu estudo havia sido amplamente difundido e utilizado como base para contestações por parte dos movimentos antivacina. Por fim, os negacionistas do aquecimento global, que variam desde contestar completamente o aquecimento a desconsiderar o caráter antropogênico do fenômeno, possuem uma relação mais estreita com a ciência, visto que muitos dos questionamentos são feitos também por cientistas.

A partir da análise do movimento terraplanista, Bonfim e Garcia (2021) explicitam algumas características que podem se estender a outros movimentos: negar conhecimentos já validados, principalmente, quando esses conhecimentos contrariam suas “teorias”; recorrer a teorias e experimentos já refutados em outros momentos da história, quando estes se alinham aos seus interesses; realizar experimentos sem o mínimo de rigor científico; limitar a observação a aspectos visuais; recorrer a cálculos matemáticos e dados alicerçados em premissas falsas; e, se apoiar em não especialistas, nesse caso, a palavra de um especialista muitas vezes tem o mesmo peso ou até menos do que a opinião de qualquer outro indivíduo.

Outra forma de classificar esses movimentos é em relação aos seus impactos na sociedade. Tais movimentos podem decorrer de (e gerar) prejuízos na educação

dos indivíduos, uma vez que dificultam o processo de enculturação científica (Condé, 2023). Este seria o maior impacto ocasionado pelo movimento terraplanista.

Em comparação, os movimentos antivacina e os negacionistas do aquecimento global têm um impacto ainda mais negativo na sociedade. As teorias conspiratórias climáticas podem dificultar a adoção de medidas eficazes para mitigar e adaptar-se aos efeitos do aquecimento global, como a redução das emissões de gases de efeito estufa, o uso de energias renováveis e a proteção da biodiversidade. Os negacionistas do aquecimento global contribuem para a desinformação, a polarização e o ceticismo sobre a ciência e a democracia, colocando em risco o bem-estar e o futuro das gerações atuais e futuras. Isto é, silenciam os processos de participação social e, por conseguinte, impossibilitam a promoção da justiça ambiental. Já os movimentos antivacina afetam diretamente os sistemas de saúde pública, possibilitando, inclusive, o agravamento de epidemias, como ocorreu com a pandemia de COVID-19.

É importante considerar que os impactos sociais dos movimentos negacionistas variam conforme o contexto. O criacionismo, enquanto movimento organizado, tem muito mais força nos EUA do que no Brasil. Oreskes (2021) relata que, em estados como Tennessee, já vigoram leis que incentivam o ensino de teorias criacionistas nas escolas.

Um outro fator que pode ser usado para qualificar esses movimentos é sua relação com a política. Nessa perspectiva, a análise poderia ser mais complexa, exigindo reflexões mais aprofundadas dentro de recortes específicos. Ao confrontar, por exemplo, a política americana com a brasileira, todos esses movimentos apresentam maior ou menor relação com a extrema direita norte americana, ao passo que no Brasil essa relação é mais evidente com o movimento antivacina. Os terraplanistas, em ambos os países, estão menos inseridos no cenário político, enquanto negacionistas climáticos e, especialmente, os antivacina têm seus discursos amplamente propagados por políticos.

Exemplos listados por Oreskes (2021) demonstram o ponto aqui defendido. Um deles diz respeito a um episódio ocorrido no debate presidencial de 2016 nos EUA, em que Donald Trump defendeu que as vacinas fossem dadas em intervalos mais espaçados e em doses menores para crianças. O então candidato se baseou no que ocorreu com um de seus empregados, cujo filho foi vacinado e mais tarde diagnosticado com autismo. Especialistas nunca defenderam essa medida, pelo contrário, acreditam que tal prática pode aumentar o risco de doenças. O

posicionamento de Trump influenciou políticos de semelhante espectro ideológico, como o então presidente brasileiro Jair Bolsonaro, um grande crítico de medidas de base científica para conter a pandemia de COVID-19, sobretudo quando vinham dos especialistas.

Essas possibilidades de classificação dos movimentos negacionistas (Quadro 13) não apenas clarificam as discussões, mas também evidenciam sua natureza complexa. Diversas explicações, que muitas vezes se complementam, vêm sendo construídas para tentar compreender como chegamos a esse cenário. Entre outras questões, isso inclui o reconhecimento de uma crise de confiança na ciência que se manifesta de várias maneiras, como pontua Videira (2023).

Quadro 13: Classificações do negacionismo científico

<b>Como podemos classificar o negacionismo?</b>
Aproximação com a comunidade científica
Impacto na sociedade
Relação com a política
Ligação com a religião

Fonte: elaborado pela autora.

O que faz um indivíduo aderir a um movimento negacionista? Muitas são as razões: fatores psicológicos, necessidade de pertencimento, falta de instrução, má fé, manipulação, entre outros. Condé (2023) resume que o negacionismo surge da falta de compreensão e da ignorância perante a ciência, de interesses de dominação política, dos dogmas religiosos e das críticas filosóficas à ciência (o discurso pós-moderno). Outros autores apontam que tanto as principais críticas feitas à ciência quanto o discurso moderno têm contribuído para o negacionismo (Lima; Vazata, Ostermann; Cavalcanti; Moraes, 2019). Ainda, há autores que discordam de que o discurso pós-moderno tenha contribuído para a atual crise da verdade (Besley; Peter; Rider, 2018; Barcellos, 2020).

Alguns defendem que as críticas feitas à ciência precisam ser revistas, o que envolve uma politização da educação científica (Vilela; Selles, 2020). Barcellos (2020) argumenta que o discurso pós-moderno não alcança as massas e está muito distante do cotidiano escolar, independentemente do nível educacional, destacando que o problema reside na perpetuação de uma educação bancária e eurocêntrica, que também influencia a formação de novos cientistas. Videira (2023) parece discordar

dessa perspectiva, ao sinalizar que as várias formas de ceticismo em relação à ciência não se devem a uma educação científica deficiente, mas a diferentes fontes e motivações, que não estão relacionadas com a qualidade do ensino de ciências. O ceticismo não está apenas na sociedade, mas também na própria ciência. A exemplo, Thomas Kuhn, em seu clássico “A Estrutura das Revoluções Científicas”, aponta a desconfiança no paradigma vigente como um dos motivos para sua crise.

Latour (2014) oferece uma explicação alternativa. Para o autor, tanto os negacionistas quanto aqueles que procuram combatê-los partem da premissa de que ciência e política devem ser separadas. Segundo ele, essa visão enfraquece ambas, principalmente “no momento em que as questões em jogo se tornam amplas demais para um número grande demais de pessoas envolvidas e diretamente impactadas [por suas] decisões” (Latour, 2014, p. 17). Em oposição, Latour defende que ciência e política devem atuar conjuntamente, o que ele chama de “política com ciência”, ponto de vista que ele considera ser “perigoso”. O autor não explicita porque isso seria perigoso.

Embora Latour e muitos dos autores aqui citados apresentem suas próprias explicações para o problema, todos parecem caminhar para uma mesma direção: o cultivo de uma visão mais “equilibrada” de ciência. Essa visão, a nosso ver, é resumida por Cupani (2023):

- 1) A ciência engloba uma forma de conhecer as coisas, eventualmente superior a outras, mas nem sempre;
- 2) Nem todo problema encontra respostas na ciência ou na tecnologia;
- 3) Problemas de natureza subjetiva podem ser pertinentes e, portanto, passíveis de serem resolvidos por outras vias;
- 4) A humanidade está sujeita a dilemas e mistérios, além de problemas técnicos;
- 5) A realidade pesquisável é complexa, imprevisível, interligada e possui fragilidades. A ciência produzida na atualidade pode não ser capaz de compreendê-la de forma satisfatória.

Nessa linha, as relações entre ciência e sociedade não podem ser entendidas como dicotômicas e sim como coproduzidas (Condé, 2023; Guerra, 2023). Guerra (2023) salienta que tal noção permite perceber a ciência enquanto cultura e não como parte dela. Na mesma linha, Condé (2023) afirma que o ensino de ciências deve contemplar sua importância social e cultural, cabendo também ao cientista o papel de

popularizar e democratizar a ciência. Isto é, um cientista alheio contribui para o negacionismo.

Enfim, a pintura aqui esboçada demonstra a necessidade de repensar o ensino de ciências. Como ratificam Cassiani *et al.* (2022, p. 9):

[...] enfrentar as armadilhas do negacionismo científico deve se constituir uma tarefa inadiável que reúna docentes da educação básica e das universidades em um empreendimento compartilhado que debata, aprofunde a reflexão sobre as falsas premissas desse negacionismo e, coletivamente, produza ações pedagógicas para pautar esse debate com o alunado escolar.

Para tal, apostamos no uso de *fact-checking*, um recurso que julgamos ser poderoso pedagogicamente, seja para o ensino e aprendizagem de conceitos científicos, seja para enfrentar o negacionismo via abordagem da NDC.

#### 4.5.2 O que é *fact-checking*?

“*Fact-checking*” ou “checagem de fatos” é um tipo de modelo jornalístico que tem como função averiguar histórias por meio de pesquisas, dados e registros. É uma forma de “qualificar o debate público por meio da apuração jornalística. De checar qual é o grau de verdade das informações” (Fonseca, 2017, s/p). Esse formato surgiu como resposta ao novo ambiente midiático, onde, em meio a uma grande profusão de fake news, a distinção entre fatos e mentiras torna-se cada vez mais obscura, como apontam Canavilhas e Ferrari (2018). Para os autores, a ascensão das agências de *fact-checking* foi impulsionada pelas ameaças às democracias liberais.

Nesse contexto, as agências de *fact-checking* se pautam na verificação do discurso público (principalmente de políticos) propagado em outros meios (como redes sociais e aplicativos de comunicação), isto é, de notícias já publicadas. Além disso, constituem uma forma de defesa do jornalismo tradicional, que vem sofrendo muitos ataques e se encontra em uma crise de credibilidade perante grande parte da população (Seibt; Fonseca, 2019). Uma pesquisa realizada com cidadãos com acesso à internet indica que 56% confiam nas organizações de mídia e 58% entendem que é possível confiar nas notícias na maior parte dos casos, alegando que a “grande imprensa” coloca em primeiro lugar seus próprios interesses, pontuam Spinelli e Santos (2018). Em contrapartida, os autores apontam uma resposta positiva do

público quando expostos ao *fact-checking*, considerando-o um formato que aprofunda o conhecimento sobre determinada questão.

Com surgimento do formato no início da década de 2010, o Brasil se destaca na América Latina por possuir o maior número de agências de checagem, sendo a Lupa a pioneira (e mais proeminente) do país (Canavilhas; Ferrari, 2018). De 2015, quando surgiu a Lupa, até 2019, 15 agências de *fact-checking* estavam em funcionamento no cenário nacional, a maioria delas relacionadas a grandes conglomerados de mídia (Lelo; Pachi-Filho, 2021). Globalmente, os checadores constituíram uma rede internacional (*International Fact-checking Network* – IFCN, do Poynter Institute), seu próprio código de princípios, além de uma conferência anual internacional (Spinelli; Santos, 2018). Os checadores se identificam como repórteres, ativistas, experts, ou mesmo uma combinação desses, todos com forte presença nos meios digitais (Graves; Cherubini, 2016).

Alguns dos princípios que norteiam o *fact-checking* incluem compromissos com apartidarismo, justiça, correções abertas e honestas, e transparência de fontes, financiamento e metodologia (Canavilhas; Ferrari, 2018). A transparência é um critério muito importante, possuindo uma intrínseca relação com a precisão e a evidência, sendo também uma competência específica do processo de verificação de fatos, essencial para o trabalho do jornalista (Seibt; Fonseca, 2019).

De maneira similar, as agências publicizam seus códigos de boas práticas e métodos de checagem multietapas, além dos selos de verificação, conforme resumido por Spinelli e Santos (2018). A exemplo das agências brasileiras Truco, Aos Fatos e Lupa, os autores apontam verificações entre seis e oito etapas, focadas principalmente em falas de políticos e autoridades, além de notícias e informações que circulam nas redes.

Os selos ou etiquetas abrangem denominações como “verdadeiro”, “falso”, “enganoso”, “impreciso”, “sem contexto”, “contraditório”, “discutível”, “insustentável”, “exagerado”, entre outros. Como essas denominações sugerem, os *fact-checkers* frequentemente vão além da simples verificação de fatos, buscando estabelecer a veracidade de determinadas declarações – mesmo que não seja possível determinar a verdade (Uscinski; Butler, 2013). Na mesma linha, Seibt e Fonseca (2019) argumentam que o selo de “falso” que acompanha as notícias de verificação não equivale a “mentira”. Na realidade, são exageros, enganos e uso de dados fora de

contexto. No mais, os equívocos explicitados são acompanhados das fontes e dos documentos consultados para apurar a informação.

O surgimento das agências e do modelo de *fact-checking* reflete o aumento na propagação de fake news devido ao uso cada vez mais popular de dispositivos móveis e de novas mídias (Canavilhas; Ferrari, 2018). Algumas limitações da verificação incluem seus métodos, que podem ser seletivos, se basear na exclusão de partes do todo, foco em afirmações causais e a falta de transparência nos critérios de seleção (Uscinski; Butler, 2013). Apesar da progressiva descrença perante os veículos de imprensa, o modelo de *fact-checking* é a resposta mais destacada à disseminação de fake news, que frequentemente gera confusão entre o que é real e o que é falso (Spinelli; Santos, 2018).

No mesmo sentido, as notícias de verificação podem representar uma alternativa viável para o ensino e aprendizagem de ciências, pois oferecem um formato pronto para confrontar a desinformação e apresentar informações científicas. Ao mesmo tempo, os estudantes necessitam adotar um posicionamento crítico e reflexivo sobre as informações apresentadas nesse formato. Assim, essas notícias podem ser um recurso interdisciplinar para abordar conceitos científicos e sua relação com o cotidiano, além de promover a reflexão sobre o papel da ciência, evidenciando os processos de produção do conhecimento, práticas e instituições.

#### 4.5.3 Delineamentos metodológicos

Para avaliar o potencial pedagógico da *Whole Science* para abordar a NDC em âmbito negacionista, decidimos usar o método qualitativo, que envolve uma cadeia de procedimentos, como redução, categorização e interpretação de dados, conforme Gil (2002).

Os textos selecionados, presentes no Quadro 14, são: i) *Post 1*, retirado do perfil oficial do Butantan; ii) Texto 1, extraído do portal do Butantan, indicado pelo *post 1*; iii) Texto 2, consultado no site Lupa, uma agência de verificação de fatos; iv) Texto 3, disponibilizado pelo site da Sociedade Brasileira de Imunizações (SBIIm). Tais instituições foram escolhidas em função de dois critérios: diversificação e credibilidade. Para o primeiro critério, selecionamos diferentes instituições que produzem o mesmo formato jornalístico em variados meios digitais.

Vale destacar que esses veículos representam instituições que são alvos de desconfiança pelos movimentos negacionistas, como institutos de pesquisa e a mídia tradicional. Desse modo, o *fact-checking* opera como uma defesa por parte dessas instituições.

O contexto retrata um episódio relativamente recente, no qual o médico Andrew Wakefield propôs, com base em esparsas evidências experimentais, uma correlação entre tríplice viral e transtornos do espectro autista. Em síntese, crianças vacinadas apresentariam maior predisposição para desenvolver o autismo. Esse caso envolve, entre outras questões, uma situação de má-conduta e falta de ética, que tem contribuído para a adoção de comportamentos antivacina por parte da população.

Quanto à credibilidade: o Instituto Butantan é um dos maiores produtores de vacinas e imunizantes do país, com tradição centenária em pesquisa voltada à saúde pública; Lupa é a maior (uma das pioneiras) agências de verificação de notificações falsas do país; a SBIm é uma entidade sem fins lucrativos que reúne profissionais de diversas áreas interessados em estudos sobre imunizantes.

Quadro 14: Informações sobre as publicações selecionadas

Nº	Título da publicação	Data de publicação	Veículo
Post 1	Fato ou fake <a href="https://www.instagram.com/p/CrOKrII09pX/">https://www.instagram.com/p/CrOKrII09pX/</a>	19/04/2023	@butantanoficial
Texto 1	Por que é mentira que vacinas causam autismo? Conheça a história por trás desse mito <a href="https://butantan.gov.br/covid/butantan-tira-duvida/tira-duvida-noticias/por-que-e-mentira-que-vacinas-causam-autismo-conheca-a-historia-por-tras-desse-mito">https://butantan.gov.br/covid/butantan-tira-duvida/tira-duvida-noticias/por-que-e-mentira-que-vacinas-causam-autismo-conheca-a-historia-por-tras-desse-mito</a>	03/04/2023	Portal do Butantan
Texto 2	É falso que bula confirme relação de vacina com autismo <a href="https://lupa.uol.com.br/jornalismo/2019/02/18/verificamos-bula-autismo">https://lupa.uol.com.br/jornalismo/2019/02/18/verificamos-bula-autismo</a>	18/02/2019	Lupa
Texto 3	O mercúrio presente nas vacinas causa autismo <a href="https://familia.sbim.org.br/duvidas/mitos/o-mercúrio-presente-nas-vacinas-causa-autismo">https://familia.sbim.org.br/duvidas/mitos/o-mercúrio-presente-nas-vacinas-causa-autismo</a>	05/03/2021	SBIm-Família

Fonte: elaborado pela autora.

É importante ressaltar que o post 1 foi analisado por ser uma forma de verificação frequente e de grande acesso, inserida em uma rede social. Entretanto, como esse tipo de comunicação exige uma linguagem mais sucinta, decidimos examinar também o texto indicado na postagem. A análise consistiu em examinar como os aspectos de NDC emergem nas publicações do tipo *fact-checking*

selecionadas, considerando suas frequências e contextos. Para identificar e caracterizar esses aspectos, usamos o perfil de confiabilidade na ciência (Quadro 15).

Quadro 15: Inventário parcial de confiabilidade na ciência

Observacionais	<b>Observações e medições</b>	Nº
	exatidão, precisão	1
	papel do estudo sistemático ou observação (versus anedota)	2
	unidade das evidências	3
	robustez (concordância entre diferentes tipos de dados)	4
	<b>Experimentos</b>	
	experimento controlado (uma variável)	5
	estudos cegos e duplo cegos	6
	análise estatística do erro	7
	replicação e tamanho da amostra	8
	<b>Instrumentos</b>	
novos instrumentos e sua validação	9	
modelos e organismos modelo	10	
ética na experimentação de sujeitos humanos	11	
Conceituais	<b>Padrões de racionalização</b>	
	relevância evidencial (empirismo)	12
	informação verificável versus valores	13
	papel da probabilidade na inferência	14
	explicações alternativas	15
	correlação versus causa	16
	<b>Dimensões históricas</b>	
	consistência com evidência estabelecida	17
	papel da analogia, pensamento interdisciplinar	18
	mudança conceitual	19
	erro e incerteza	20
	papel da imaginação e síntese criativa	21
	<b>Dimensões humanas</b>	
	espectro de motivações para fazer ciência	22
	espectro de personalidades humanas na ciência	23
viés de confirmação / papel das crenças prévias	24	
percepções de risco baseadas em emoções versus evidências	25	
Socioculturais	<b>Instituições</b>	
	colaboração e competição entre cientistas	26
	formas de persuasão	27
	<b>Credibilidade</b>	28
	revisão por pares e resposta às críticas	29
	resolução de discordâncias	30
	liberdade acadêmica	31
	<b>Vieses</b>	
	papel das crenças culturais (ideologia, religião, nacionalidade)	32
	papel do viés de gênero	33
	papéis do viés racial e de classe	34
	<b>Economia / financiamento</b>	
	fontes de financiamentos	35
	conflito de interesse pessoal	36
	<b>Comunicação</b>	
	normas para lidar com dados científicos	37
natureza dos gráficos	38	
credibilidade de periódicos científicos e notícias	39	
fraude ou outras formas de má conduta	40	
responsabilidade social dos cientistas	41	

Fonte: modificado de Allchin (2013, 2017).

O contexto negacionista associado à natureza das reportagens evidencia a necessidade de um enfoque na dimensão “comunicação”. Assim, para o exame das publicações também usamos novos elementos incluídos por Höttecke e Allchin (2020) na dimensão “comunicação” nas mídias sociais. Vale destacar que o perfil foi enumerado para facilitar o registro do número de aspectos identificados.

Acreditamos que a temática da vacinação-autismo pode propiciar reflexões sobre NDC referentes a diversos aspectos em vários níveis: históricos, humanos, socioculturais, observacionais, questões relacionadas a financiamento econômico, má-conduta na ciência, métodos de investigação, interações entre cientistas, entre outros.

A seguir, apresentamos os resultados e as discussões sobre as publicações voltadas a desmentir a falsa relação entre vacinas e autismo, estabelecida por fake news amplamente divulgadas no Brasil e em outros países. Associado a isso, explicitamos o que consideramos importante para superar os desafios sociais contemporâneos, anteriormente explicitados.

#### *4.5.4 Fact-checking sobre vacinas e autismo: limites e potencialidades para o ensino da NDC*

O *post* 1, retirado do perfil do Instagram do Instituto/Fundação Butantan (Figura 12), resume-se a negar a afirmação de que vacinas provocam ou têm relação com autismo. Do mesmo modo, a explicação que acompanha a imagem salienta que não há embasamento científico na fake news e indica um texto mais amplo, hospedado pelo *website* do próprio instituto, que explica a origem da falsa relação entre vacinas e autismo, a que se referem como “mito” e “teoria”. O texto 1, intitulado “Por que é mentira que vacinas causam autismo? Conheça a história por trás desse mito”, foi publicado no *website* “Portal do Butantan” e tem como objetivo esclarecer as origens do movimento que embasa a fake news, bem como fornecer informações gerais sobre autismo.

O texto 2, intitulado “É falso que bula confirme relação de vacina com autismo”, foi publicado pela agência de *fact-checking* Lupa. A publicação faz menção a uma postagem na rede social *Facebook* (Figura 13), na qual é destacado um trecho da bula da vacina Tríplice Bacteriana (também referida como DTP) da marca Tripedia que cita autismo como um dos seus efeitos. Após exibir a postagem, uma caixa com

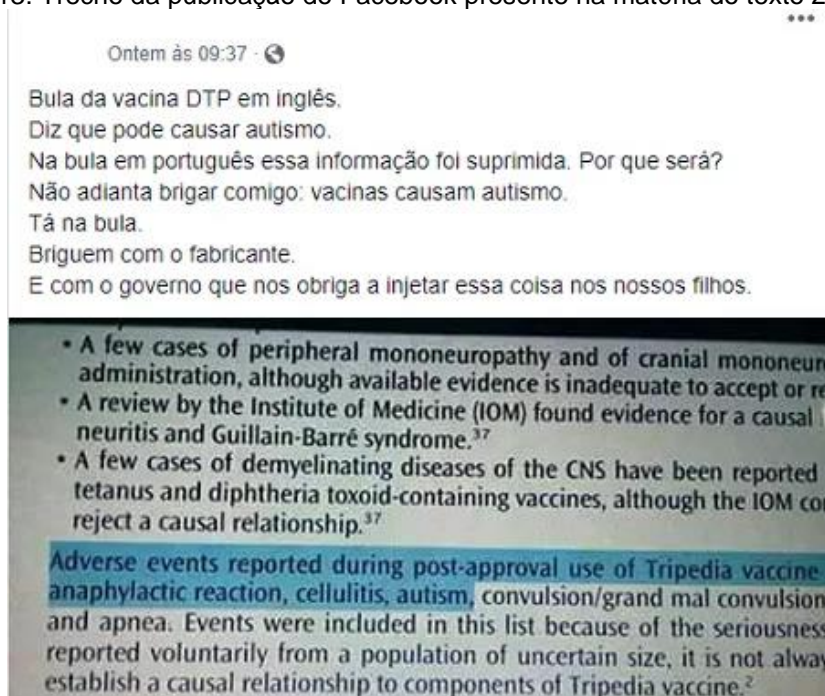
a palavra “FALSO” em letras garrafais é apresentada, seguida de informações sobre essa vacina e a sentença destacada pela fake news.

Figura 12: Post 1 no perfil do Instagram do Instituto/Fundação Butantan



Fonte: Instagram.

Figura 13: Trecho da publicação do Facebook presente na matéria do texto 2



Fonte: Facebook.

Disponibilizado no Portal SBIm – Família, da Sociedade Brasileira de Imunizações, o texto 3 tem como título “O mercúrio presente nas vacinas causa autismo” (Figura 14). Assim como no *post* 1 e no texto 1, o texto 3 classifica a informação como mito, embora dê pouco destaque à palavra. O texto, então, prossegue buscando discernir, através de narrativas históricas, pesquisas creditadas e rechaçadas pela comunidade científica. O uso dos termos “mito” e “falso”, especialmente quando destacados, é um recurso recorrente em todas as publicações para enfatizar que estão desmentindo uma informação falsa, por vezes reforçando o que os títulos dos textos 1 e 2 trazem ou negando a afirmação que nomeia o texto 3.

Figura 14: Trecho da publicação no site SBIm – Família (texto 3).

## O mercúrio presente nas vacinas causa autismo.

Última Atualização: 05/03/2021



**MITO** O mercúrio é um dos componentes do timerosal, o conservante mais utilizado em vacinas multidoses. Ele é empregado desde 1930 em concentrações muito baixas e os estudos mostram que não há risco para a saúde, pois é expelido rapidamente do organismo. De qualquer forma, o timerosal já não faz parte da formulação de nenhuma vacina em apresentação monodose, estando presente apenas em vacinas multidoses (mais de uma dose por frasco).

Fonte: <https://familia.sbim.org.br/>.

A partir do exame dos materiais selecionados, identificamos os três grupos de dimensões – observacionais, conceituais e socioculturais – presentes no inventário parcial de dimensões de confiabilidade na ciência estabelecido por Allchin (Quadro 15). De modo geral, as publicações contêm trechos que remetem a observações e medições, experimentos, padrões de racionalização, dimensões históricas, dimensões humanas, instituições, economia/financiamento e comunicação, com maior ênfase nesta última. Da mesma forma, há uma prevalência de dimensões de caráter sociocultural.

O Quadro 16 ilustra as dimensões comuns aos três pareceres emitidos por páginas eletrônicas de fact-checking. Os destaques indicam eixos de dimensões mais frequentes nas publicações.

No *post* 1, o rótulo do “cientificamente comprovado” é empregado sem maiores preocupações com dados e/ou informações científicas, apenas no sentido de “confie na ciência, pois é ciência”, configurando um argumento de autoridade. Da mesma forma, texto 3 também se vale de argumentos de autoridade, ao empregar expressões

como “estudos sérios” para referir-se às pesquisas citadas, contrapondo-se à fake news em questão. Expressões desse teor implicitamente denotam que as investigações científicas possuem um certo tipo de qualificação, o que pode incitar reflexões sobre quem (e como) qualifica os trabalhos científicos, especialmente no contexto educacional.

Quadro 16: Compilação das dimensões identificadas

DIMENSÕES	Nº dos aspectos identificados		
	Texto 1 Instituto Butantan	Texto 2 Agência Lupa	Texto 3 SBlm – Família
<b>Conceituais</b>			
Dimensões Históricas	17	17	17
Dimensões Humanas	22	-	22
Padrões de Racionalização	12,16	12,13,16	12
<b>Observacionais</b>			
Observações e Medições	2,3,4	4	1,3,4
Experimentos	8	5,8	5,7
<b>Socioculturais</b>			
Instituições	26,27,28,29	27,28,29	27,28,29
Economia/Financiamento	35,36	35	35,36
Comunicação	37,39,40,41	37,39,40,41	39,40,41

Fonte: elaborado pela autora.

É sabido que a **autoridade epistêmica** da ciência, de suas instituições e dos veículos (geralmente tradicionais) que divulgam conhecimento vêm sendo cada vez mais contestada, fenômeno conhecido como “crise epistêmica” (Albuquerque; Quinan, 2019; Bonfim; Garcia, 2021). Nesse sentido, o que ocorre é a tentativa de um reforço dessas instituições, corroborando com Garcia *et al.* (2021), que argumentam que existe uma disputa pela autoridade epistêmica entre os negacionistas e especialistas.

Ancorados em Hardwig (1985), Höttecke e Allchin (2020), ainda que de forma superficial, afirmam que a dependência diz respeito à confiança que leigos depositam em especialistas com relação a assuntos sobre os quais os primeiros não possuem conhecimento aprofundado. Para o autor, o apelo à autoridade intelectual é um ingrediente essencial do conhecimento e que compõe a base da crença acadêmica e científica. Dentro da relação entre leigo e cientista, consideramos que nem recomendações científicas devem ser seguidas cegamente, visto que isso implicaria em um ordenamento tecnocrático, assim como a opinião do leigo não deveria desconsiderar totalmente as orientações dos cientistas. Vale frisar que a dependência

epistêmica é um conceito amplo, com implicações em outras áreas de conhecimento, como ciências sociais e políticas.

Chama atenção a utilização em postagem falsa (texto 2) de uma bula verdadeira em inglês para descreditar as bulas brasileiras, que não reproduzem a correlação entre efeitos da vacina e autismo. A sobrevalorização de artefatos estrangeiros em detrimento da produção local (seja ela industrial, cultural ou científica) é um traço comum no Brasil e em outros países periféricos. Sob outra ótica, podemos dizer que somos, enquanto nação colonizada, dependentes epistemicamente de quem nos domina sociopolítica e economicamente, com implicações para a ciência e tecnologia.

Em se tratando da educação em ciências no contexto do negacionismo, há evidente potencial para explorar elementos relacionados a dependência epistêmica, confiança, autoridade, expertise e autonomia, que também conversam com a abordagem de aspectos sociais e éticos de NDC. Uma iniciativa é apresentada por Gois, Lima e Moraes (2024). Nela, os autores discutem as possíveis tensões entre a autonomia dos indivíduos e a confiança nos especialistas, tendo como base a problemática do aquecimento global antropogênico. A taxonomia da dependência epistêmica proposta por Sertler (2022) é um caminho para abordar riscos e benefícios da dependência epistêmica nesse âmbito, uma vez que nos leva a questionar em quem confiar, como mensurar a confiabilidade e como processos de injustiça e exclusão podem ser gerados ou fomentados por ela.

No âmbito das **dimensões conceituais**, a alusão à origem das fake news é um recurso comum em todas as publicações, o que remete às **dimensões históricas** do inventário, especialmente à “consiliência com evidência estabelecida”. Por exemplo, ao relatar que o médico responsável pela fraude que deu origem ao movimento antivacina ignorou estudos prévios sobre os efeitos colaterais das vacinas (textos 1 e 3), o histórico do uso de mercúrio nas vacinas desde 1930 (texto 3) ou de uma marca específica de vacina (texto 2). Wakefield, de fato, procurou desconsiderar deliberada e maliciosamente a convergência de evidências, um aspecto que interfere na obtenção de um consenso científico.

Os textos 1 e 3 indicam que a origem do movimento antivacina se deu a partir de um estudo fraudulento publicado pela revista *The Lancet* em 1998. Em contraste, a publicação 2 se atém ao relato sobre a vacina Tripedia, cuja bula originou a fake news desmentida. Além disso, a publicação 1 assinala as inconsistências entre as

conclusões da pesquisa já descreditada e os estudos sobre autismo, que apontam uma causa genética do transtorno, e não uma causa externa, como a vacina. O mesmo material é o único que cita nominalmente o médico Andrew Wakefield como responsável pela fraude, assim como John Walker-Smith, coautor no estudo, enfatizando as sanções a que foram submetidos por suas condutas antiéticas, incluindo as perdas de suas licenças médicas. Tais aspectos (textos 1 e 3) remetem a **dimensões humanas** do perfil, em especial ao “espectro de motivações para fazer ciência”.

Nenhum dos materiais ressalta que o artigo contava com 12 coautores, dos quais 10 retiraram seu apoio até 2004, seis anos após a publicação. O artigo só foi retirado da revista *The Lancet* em 2010. Adicionalmente, não reportam que Wakefield nunca se retratou, continuando a alegar sua inocência. Ele até produziu e dirigiu um documentário para reiterar suas visões, *Vaxxed*, lançado em 2016 – censurado na Europa e Estados Unidos.

Atualmente, Wakefield é considerado um proeminente ativista antivacina e teórico dessa conspiração. Outro ponto sensível não endereçado pelas publicações é que o grande impacto do estudo de Wakefield se deve ao prestígio atribuído à revista, uma das renomadas da área de medicina. Curiosamente, as publicações não consideram que houve falhas por parte do periódico. O que levou revisores e editores a aprovarem a publicação do estudo? Confiança epistêmica? Isso demonstra a necessidade de uma melhor compreensão acerca do processo de revisão por pares.

O processo de revisão por pares, bem como a declaração pública de conflitos de interesse e outras potenciais fontes de viés tendencioso funcionam como fatores de credibilidade na ciência (Höttecke; Allchin, 2020). Richard Horton, editor da revista à época defendeu-se argumentando que o artigo publicado por Wakefield e colaboradores não afirmava categoricamente a associação entre vacina tríplice e autismo. Segundo ele, foi a coletiva de imprensa dada por Wakefield, e não o artigo em si, que causou o estrago (Barbosa; Martorano, 2017). Embora ausentes nos textos, esses elementos podem ser debatidos em sala de aula.

As dimensões humanas, menos abordadas nos textos, se articulam de certa forma às dimensões históricas. Nesse contexto, o episódio sobre a origem dos movimentos antivacina pode fomentar a reflexão sobre as motivações, crenças prévias e personalidades dos cientistas. Em se tratando de Wakefield, no artigo do Butantan, é apontado o link para a reportagem original que o desmascarou. O

jornalista entrevistou a mãe de Wakefield e conseguiu extrair informações pessoais daquele que iniciou as teorias conspiratórias relacionando vacinas e autismo.

A mãe relata que, criado em uma família de médicos há várias gerações, o filho sempre quis ser cirurgião. Ela descreve a personalidade intransigente de Wakefield: *“ele é muito como o meu pai. Se ele acreditava em algo, ele teria ido até o fim da Terra para continuar acreditando.”* Esses detalhes incitam questionamentos, passíveis de discussões em sala de aula, como: a insistência de Wakefield em negar as evidências seria uma resposta teimosa ao rechaço que sofreu da comunidade científica? Ele estaria mais preocupado em manter sua crença do que com os resultados de sua pesquisa? Suas posições, primeiro enquanto cientista e depois como negacionista, estariam baseadas em emoções em vez da razão?

Uma proposta de abordagem histórica do episódio envolvendo a vacina tríplice e o autismo na sala de aula é apresentada por Barbosa e Martorano (2017). As autoras destacam, através da narrativa, dois elementos de NDC, de acordo com Allchin: credibilidade científica e o mito da autocorreção. Elas indicam que as falhas de Wakefield não devem ser utilizadas para validar a teoria contrária de que não há riscos na vacinação, visto que os métodos de concepção e confecção das vacinas apresentam seus próprios perigos. Por outro lado, os benefícios se sobressaem aos riscos, que não devem servir de pretexto para ações contra a vacinação, um contrato social amparado na participação coletiva. No mais, destacam que o próprio episódio da origem da vacinação pode ser utilizado como recurso para discutir a NDC na educação em ciências.

As questões sociocientíficas, o ensino investigativo e textos de divulgação científica representam outras formas de abordar a problemática das vacinas em sala de aula. Um caminho é apresentado por Lima, Silva e Souza (2021), que debatem com alunos do 1º ano do ensino médio se o uso de vacinas deve ser opcional. Além de discussões mais atuais sobre a vacinação, as autoras utilizam episódios da história da ciência, como os experimentos realizados por Edward Jenner para produzir a vacina contra a varíola e o experimento de Louis Pasteur para desenvolver a vacina contra a cólera, por meio de uma sequência didática investigativa, justificando o enfoque do trabalho na experimentação. Outra estratégia é apresentada por Soares e Silva (2021), que propõem a utilização de um texto de divulgação científica sobre a importância da vacinação com alunos do 8º ano do ensino fundamental. Ambas as

propostas reconhecem aspectos relacionados à prática científica, mas não há um enfoque explícito na abordagem de NDC.

Ainda sobre as dimensões conceituais, o “empirismo”, dimensão relacionada aos **padrões de racionalização**, é amplamente usado nos três textos, porém ingenuamente. Expressões como “princípios básicos da pesquisa científica” (texto 1), “relação causal comprovada” (texto 2) e “a análise dos dados mostrou” (texto 3), remetem a uma visão empírico-indutivista e a-teórica da ciência. Conforme discutido por Gil-Pérez *et al.* (2001), essa perspectiva é caracterizada pela suposta neutralidade teórica e metodológica da prática científica, centrada em uma “verdade” estabelecida através da observação de dados “puros”. No entanto, hipóteses científicas, teorias e leis nunca podem ser absolutamente provadas, independentemente da quantidade de evidências empíricas, na qual estejam apoiadas (Popper, 1963). São conjecturas (enunciados universais), portanto, não há como provar sua veracidade (Silveira, 1994). Na perspectiva empírico-indutivista, a relevância evidencial é crucial na elaboração e manutenção de teorias. Apesar disso, teorias permanecem conjecturais, visto que não podem ser provadas absolutamente. Como não é possível provar verdades científicas, teorias, embora confiáveis, são entes provisórios e passíveis de revisão.

Assim, os experimentos constituem um dos elementos que resultam de escolhas teóricas, derivadas de valores intrínsecos aos sujeitos ou comunidades (Kuhn, 2011). A rigor, experimentos estão atrelados a uma teoria, de modo que os “dados” não possuem vida própria. Essa é a concepção admitida pela visão consensual de NDC, que afirma que toda observação é enviesada teoricamente (Bejarano *et al.*, 2019), noção pautada na “tese da carga teórica” (Pessoa Jr., 2009, p. 56). Contudo, do ponto de vista da filosofia da ciência, tal assunção ainda é discutível.

Uma conciliação entre a tese da carga teórica e a neutralidade das observações é sugerida por Pessoa Jr. (2016), que consiste em estipular diferentes níveis de teorização (baixo, médio e alto) para uma dada observação. Nesse sentido, uma observação considerada “neutra” teria um baixo nível de teorização, uma vez que a teoria advém do aparelho perceptivo (sensações). Segundo a teoria causal pluralista, a observação de determinado objeto pode contemplar diferentes níveis de teorização.

Vale ressaltar que há várias formas de empirismo e muitas delas não estão associadas a uma visão positivista de ciência como frequentemente a educação em

ciências vem reforçando (Machado; Rodrigues, 2022). No perfil de confiabilidade na ciência, Allchin não especifica a qual dos tipos de empirismo faz menção. Possivelmente, a intenção não seja destacar uma forma específica de empirismo, mas refletir sobre a relevância das evidências empíricas (experimentos controlados, triangulação de dados, análises estatísticas, modelagens, validação cruzada, entre outros) para a validação científica, via estudo de casos históricos ou contemporâneos. Reforçamos a necessidade de aprofundar essas discussões na formação de professores, para que não se limitem à crítica à visão empírico-indutivista.

No contexto das publicações, entendemos que o problema não se refere à menção a evidências empíricas, mas sim à forma com que são apresentadas. Assumir que “os dados falam por si” é perigoso, pois muitos negacionistas e disseminadores de fake news utilizam o mesmo recurso para “comprovar” suas teorias conspiratórias. Conforme exemplificado pela imagem desmentida pelo texto 2 (Figura 13: Trecho da publicação do Facebook presente na matéria do texto 2), os conspiracionistas recorrem ao “tá na bula” como comprovação de sua “teoria”. O mesmo pode ser observado entre os terraplanistas que se baseiam fortemente em experimentos tendenciosos (Bonfim; Garcia, 2021), que tentam “mimetizar” a prática científica, ou se basear em experimentos já refutados pela prática científica.

Nesse sentido, é fundamental que os estudantes compreendam que os experimentos são importantes, mas não são o único meio para produção do conhecimento. Além disso, faz-se necessário depreender quais atitudes e decisões guiam a prática experimental que diferencia o trabalho executado por cientistas daqueles que buscam mimetizar a prática para promover um discurso negacionista. Nesse âmbito, cabe refletir, por exemplo, sobre o mito do método científico, mas também sobre os inúmeros procedimentos e normas que os cientistas seguem de forma contingencial. Enfim, é crucial que os estudantes desenvolvam a capacidade de avaliar a relevância e a confiabilidade das evidências que sustentam uma afirmação científica – além de reconhecer as limitações e as falácias que podem comprometê-las.

No geral, as informações trazidas pelas reportagens para desmentir fake news buscam a “verdade”. Isto é, existe uma verdade que precisa ser alcançada, se aproximando de uma noção correspondencial de verdade (tese realista), conforme classificação de Lisbôa e Pessoa Jr. (2015). Da mesma forma, um fato é entendido como verdade. Apesar de a ciência se tornar cada vez mais indispensável e presente

na sociedade atual, sobremaneira durante crises sanitárias, “ela repousa sobre areia movediça e é cada vez menos suficiente para produzir definições socialmente vinculantes de verdade” (Garcia *et al.*, 2021, p. 106). No atual cenário de negacionismo e infodemia crescentes, a disputa pela verdade tem ganhado força e dominar a verdade é o velo de ouro por qual todos buscam. Nesse ínterim, é igualmente importante o valor atribuído ao fato. Como se chega a um fato científico? Como fato e verdade se relacionam nas ciências? Essas são questões que devem ser encaradas como demandas contemporâneas da educação em ciências.

Outra dimensão conceitual aludida nos textos, associada aos padrões de racionalização (de acordo com o inventário – Quadro 15: Inventário parcial de confiabilidade na ciência), é “correlação *versus* causa”. Essa dimensão aparece tanto no âmbito das fake news, nas narrativas sobre Wakefield ter estabelecido uma relação causal com base em experimentos entre vacinas e autismo, quanto no âmbito dos desmentidos, ao apontar que estudos posteriores não identificaram relação causal ou correlação entre os dois objetos. Ironicamente, ambos os lados estabelecem correlações igualmente baseadas em experimentos (visão empírico-indutivista), porém distintas.

As matérias enfatizam que a correlação verdadeira foi estabelecida através de um consenso científico. Além de apontar o consenso científico, as publicações *fact-checking* se valem de argumentos aritméticos – mais estudos, mais sujeitos testados. Seria o fator número, legitimamente, o argumento mais convincente? Implicitamente, fica evidente que o número amostral do estudo de Wakefield é baixo (12 crianças), então por que coautores, além de revisores e editores da revista aceitaram os resultados de sua pesquisa?

No âmbito da educação em ciências, além da própria discussão sobre a **confiança epistêmica**, isto é, a confiança que cientistas depositam no trabalho de outros cientistas, é possível refletir sobre o processo de produção das vacinas e sua importância para a saúde pública e, ainda, instrumentalizar estudantes para lidarem com dados de diversas naturezas. Caminhos que demandam cada vez mais a interdisciplinaridade dos conhecimentos científicos, em razão da complexidade dos cenários, conforme apontam Catarino e Reis (2021) e de conhecimentos acerca da ciência.

No que se refere às dimensões do **eixo observacional**, em destaque “**observações e medições**”, os três textos abordam o aspecto “robustez

(concordância entre diferentes tipos de dados)”. Para desmascarar as fake news, são confrontados dados de outros estudos, com objetos relacionados e, frequentemente, de outras áreas do conhecimento. Por exemplo, após descrever os eventos que culminaram na descoberta da fraude de Wakefield, o texto 1 apresenta conclusões de pesquisas genéticas, para inviabilizar explicações baseadas em fatores externos como causadores do autismo: “*As reais causas do TEA são de origem genética [...] Um estudo recente publicado na revista Cell sequenciou os genomas completos de mais de 20 mil pessoas e identificou 134 genes relacionados ao distúrbio*” (grifo do autor). Adicionalmente, o argumento de diferentes dados é reforçado com a menção a profissionais de outras áreas: “*Por se tratar de um transtorno multifatorial, o diagnóstico é complexo e exige avaliação e acompanhamento de diferentes especialistas, como psicólogos, psiquiatras, neurologistas e pedagogos*”. Essa discussão pode, da mesma forma, remeter à ideia de confiança epistêmica.

Do mesmo modo, lançando mão de dados numéricos, “replicação e tamanho da amostra” é a única dimensão citada entre os **experimentos**, emergindo no texto 1 com ênfase no contraste entre uma dúzia de sujeitos no estudo fraudulento contra milhares (e até milhões) nas pesquisas com credibilidade. Da publicação 2, a incerteza do tamanho da amostra é salientada como um aspecto que descredibiliza os dados, citando a bula que foi alvo da fake news: “*texto que acompanha a Tripedia [...]: '[...] população de **tamanho incerto**, não é possível estimar sua frequência de forma **confiável ou estabelecer uma relação causal**'[...]*” (grifos nossos). No texto 3, podemos aduzir esta dimensão no excerto, que exemplifica um dos estudos que classifica como sério: “*Inúmeros estudos sérios têm sido conduzidos para verificar a relação entre a vacina e a doença e nenhum encontrou qualquer evidência. Um dos maiores foi divulgado em 2015 e avaliou **95.727 crianças** [...]*” (grifo nosso).

De modo menos explícito, a replicação de experimentos nas pesquisas pode ser interpretada a partir do trecho do texto 1 que destaca que “*Uma meta-análise publicada na Vaccines em 2014 por pesquisadores australianos investigou diferentes estudos envolvendo mais de 1 milhão de crianças, e os dados mostraram que a vacinação não está relacionada ao TEA*”. Ao indicar que diferentes estudos convergem em seus resultados, implicitamente a publicação aponta para replicações. A emergência de tais aspectos observacionais demonstra a necessidade de compreender os processos pelos quais as vacinas são produzidas no âmbito do ensino de ciências, o que diz respeito à dimensão **instrumentos**, principalmente no

que se refere à utilização de “novos instrumentos e sua validação” nesse processo. Ademais, pode instigar discussões sobre os padrões éticos (ética) na experimentação de sujeitos humanos” para produção de vacinas e para a escolha das 12 crianças selecionadas por Wakefield para seu estudo fraudulento.

O eixo sociocultural, que compreende aspectos externos à ciência, prevalece em relação à frequência de dimensões identificadas nos textos. Dentre as **dimensões socioculturais**, apenas não emergiram aquelas categorizadas como “vieses” por Allchin (2013, Quadro 2). Contudo, elementos não explicitados pelas publicações analisadas podem ser aludidos, de modo a abarcar os vieses. Nesse sentido, Barbosa e Martorano (2017) propõem a discussão sobre episódios envolvendo figuras como Lady Mary Worley Montagu (1689-1762), que usou técnicas orientais semelhantes às utilizadas por Edward Jenner (1749-1823) para imunizar seus filhos. Porém, por ser mulher, não pertencer à comunidade científica e aplicar técnicas não ocidentais, foi altamente criticada. Em contraste, as conclusões de Wakefield foram amplamente aceitas e absorvidas. Os dois episódios narrados evidenciam a força de vieses na deposição de credibilidade e da autoridade no desenvolvimento científico.

No que tange as **instituições**, a dimensão “formas de persuasão” é aduzida nos três textos, tanto por parte dos jornalistas (em relação ao leitor) quanto por parte dos cientistas (direcionada aos pares). Os elementos de persuasão podem ser identificados implicitamente como recursos dos textos jornalísticos, empregados no convencimento do público-alvo, ao explicitarem evidências e interpretações científicas, também usadas para persuadir a comunidade científica. A diferença é que, por se tratar de um público leigo, há um maior apelo à autoridade e ao consenso da comunidade, enquanto na persuasão científica, o maior apelo é direcionado às evidências empíricas e aos argumentos lógicos (eixos observacionais e conceituais do inventário).

Condé (2023) sugere que a persuasão pode ser uma “arma” contra o negacionismo, quando argumentos de ordem racional não bastam para conscientizar cientificamente as pessoas. Na mesma direção, Höttecke e Allchin (2020) apontam o papel da mídia (os jornalistas) para persuadir a população, se apoiando na questão sobre as mudanças climáticas. Nesse caso, a mídia atuou para converter tal questão em um problema ambiental e, em última instância, em uma crise social. Na visão dos autores, esse exemplo também ilustra que a mídia pode auxiliar a “descomplicar” situações complexas. Um movimento similar ocorreu durante a pandemia de COVID-

19, quando a mídia exerceu um papel crucial no convencimento das massas sobre a importância da vacinação e das medidas de prevenção contra a propagação da doença. Em consonância, Condé (2023) entende que a persuasão diminui as distâncias de “gramáticas diferentes”: a da ciência com a da valorização e conscientização científicas.

No contexto das publicações examinadas, a atuação dos jornalistas foi crucial para instigar a retratação da comunidade científica em relação à exclusão do artigo publicado por Wakefield e colaboradores, correlacionando vacinas e autismo, o que remete à dimensão “revisão por pares e resposta às críticas”.

A retratação com a retirada do artigo em 2010 culminou de uma reportagem de 2004, que denunciou os problemas e inconsistências do artigo publicado em 1998, ao relatar procedimentos metodológicos nada robustos, além de “conflitos de interesse pessoal” (dimensão vinculada a **economia e financiamento**) de Wakefield, pois ele havia apresentado um pedido de patente para uma vacina concorrente. Ademais, o médico fora contratado por advogados “*para produzir dados contra a vacina, para que eles pudessem ganhar dinheiro processando os fabricantes do produto*” (texto 1), aludindo à dimensão “fontes de financiamento”.

A **comunicação** confiável entre cientistas tem nos filtros (ou guias) de curto prazo um elemento essencial para reduzir a propagação de erros, segundo Höttecke e Allchin (2020). Os autores empregam esse termo para se referir aos sistemas de revisão por pares, declarações de conflitos de interesses e **credibilidade epistêmica**. Complementarmente, a longo prazo, os cientistas se ancoram em investigações e evidências científicas mais aprofundadas pautadas na crítica mútua. Rao e Andrade (2011) pontuam que, ironicamente, a “fraude de Wakefield” foi exposta pela vigilância da mídia e não pelos olhares auspiciosos dos cientistas. Pensando sobre o papel da mídia como “guardiã” da credibilidade científica, processo de *gatekeeping* discutido por Höttecke e Allchin (2020), talvez não seja tão irônico assim.

Outro exemplo que retrata o papel de *gatekeeping* da mídia, que envolve também a credibilidade das instituições se refere às mudanças metodológicas impostas por agências de regulação com relação à forma de testagem de efeitos colaterais das vacinas, conforme relatado pelo texto 2. As mudanças, que consistem em não admitir declarações voluntárias, “*apenas efeitos colaterais com relação causal comprovada*” (texto 2) em bulas, foram instauradas para gerar mais credibilidade. Essas alterações, no entanto, são ignoradas por negacionistas e desconhecidas pela

maioria da população, que se torna alvo fácil das fake news. Ao mesmo tempo, o desmentido sustenta-se em uma visão empírico-indutivista, que atribui ingenuamente a possibilidade de comprovação a uma relação causal, como já apontado aqui.

As discussões aqui traçadas corroboram com Höttecke e Allchin (2020), especialmente na ênfase dada à dimensão “comunicação”, que permeia as demais dimensões. De forma implícita ou explícita, as dimensões relacionadas à comunicação são transversais na análise das publicações do tipo *fact-checking* até aqui.

Primeiramente, de forma discreta, pois tratamos de textos jornalísticos veiculados com a finalidade de verificar a autenticidade de notícias disseminadas por redes sociais. Mais amplamente, de modo evidente, aspectos comunicacionais, como “normas para lidar com dados científicos”, “credibilidade de periódicos científicos e notícias”, “fraude ou outras formas de má conduta” e “responsabilidade social dos cientistas” podem ser detectados em todos os textos selecionados e na discussão aqui proposta. Destacadamente, fraude e má conduta são aspectos centrais na estruturação das publicações que buscam desmentir a correlação vacinas-autismo, embasando-se em argumentos sobre a comprovação de fraude e o comportamento antiético de Wakefield, bem como nas suas punições.

#### **4.6 Como este capítulo amplia nosso entendimento?**

Os estudos sobre natureza da ciência emergem e ganham força com a reaproximação entre o ensino de ciências com história, filosofia e sociologia das ciências. Há uma defesa de uma abordagem explícita, reflexiva e contextual de NDC, embora haja uma polissemia do termo “contextualização”, que abrange desde a introdução de história das ciências até o destaque de determinados conteúdos. Enquanto pesquisadores buscam estabelecer uma lista consensual de características essenciais, muitas críticas têm sido feitas a essa abordagem, resultando em diferentes construtos de NDC: Whole Science, FRA, MoCEC, FOS, IM-NOSBIO.

De modo geral, o campo NDC tem em comum a defesa do argumento democrático, suportado em alicerces neoliberais. Essa tendência da educação científica é orientada pela TD. Dentro das múltiplas abordagens de NDC, a *Whole Science* tem TD como meta, enquanto as listas consensuais (Lederman e colaboradores) são criticadas por não explicitar esse objetivo. Segundo o último grupo

de estudiosos, visões adequadas de NDC impactam a visão de mundo e a TD dos estudantes.

Notamos que investigações voltadas a explorar o impacto de NDC em decisões pautadas no argumento democrático estão relacionadas às questões sociocientíficas. As QSC estão ligadas a controvérsias e constituem frutíferos meios para o ensino orientado pela NDC, além de representar uma forma de estímulo para o ativismo.

A incorporação de aspectos de NDC oriundos da filosofia e da história das ciências por documentos curriculares tem sido mais efetiva do que aqueles ligados à sociologia e à psicologia das ciências. Um dos direcionamentos fundamentais da NDC reside justamente na introdução desses conteúdos sem promover o esvaziamento de conceitos metateóricos. Esses debates se alinham às metas gerais da NDC, ao prover bases para o enfrentamento de problemas contemporâneos, como os movimentos negacionistas, por exemplo.

Enquanto construto de NDC, a *Whole Science* busca traduzir como a ciência opera, tendo sido complementada recentemente para compreender a trajetória de uma afirmação científica, desde sua concepção à aceitação pela sociedade. Dessa trajetória, destacamos "fenômenos empíricos", "dados/evidência", "consenso científico" e "*gatekeeping* da mídia" como principais elementos atacados e questionados por negacionistas.

Os negacionistas têm como uma de suas características fundamentais as distorções em filtros sociais e cognitivos. Ao mesmo tempo, ao disseminar suas ideias, propagam visões equivocadas, resultando em novos adeptos e na proliferação da ótica negacionista. A principal atuação dos negacionistas é na etapa final da fusão da afirmação científica ao arcabouço social, ou seja, quando determinada afirmação se torna comportamentalmente relevante.

O negacionismo pode ser classificado sob diferentes óticas e os movimentos possuem impactos e influências distintas, principalmente sociais, mas também políticas, econômicas, de saúde pública, dentre outros. O prejuízo exponencialmente crescente que movimentos negacionistas vêm causando resultou em enfrentamentos como resposta. Dentre elas, a mídia, frontalmente atacada, vem buscando desmentir notícias falsas através de publicações tipo *fact-checking*, muitas das quais disseminadas por grupos negacionistas. Neste capítulo, elementos de NDC foram identificados a partir do exame de publicações dessa categoria.

A análise dos textos do tipo *fact-checking* centrados em desmistificar a relação entre vacinas e autismo possibilitou a identificação de aspectos conceituais, observacionais e socioculturais, de acordo com o perfil parcial de confiabilidade proposto por Douglas Allchin e colaboradores. Os aspectos conceituais dizem respeito a “Dimensões Históricas”, “Dimensões Humanas” (menos enfatizado em relação aos outros dois) e “Padrões de Racionalização”. No âmbito das dimensões históricas, emergem fatores referentes à “consiliência com evidência estabelecida”, quando é narrada a desconsideração de Wakefield sobre estudos prévios e de outras disciplinas. Ainda que não salientado pelo perfil de Allchin, um recurso recorrente nos textos é a descrição da origem do movimento antivacina contemporâneo, incluindo o papel de Wakefield na empreitada, fatores que remetem ao contexto de descoberta.

No que concerne às dimensões humanas, são evidenciados espectros de motivações para fazer ciência (nesse caso, antiética), ao relatarmos os conflitos de interesse do médico em relação ao estudo realizado. Como contraponto à ausência de discussões, salientamos possibilidades de aprofundamento, de modo a abarcar outros aspectos das dimensões relacionadas a personalidade do cientista e suas crenças prévias. Sobre os padrões de racionalização, mais frequente, destacam-se discussões envolvendo o empirismo, a prevalência de visões empírico-indutivistas ao sobrevalorizar as evidências empíricas, o que leva a refletir sobre o papel da experimentação no empreendimento científico.

Mesmo que predomine uma crítica genérica ao empirismo-indutivismo no ensino de ciências, diversas vertentes do empirismo podem ser exploradas, possibilitando um entendimento mais aprofundado sobre os procedimentos científicos. Do mesmo modo, as publicações recorrem à correlação *versus* causa tanto para credibilizar que a vacina tríplice não causa autismo quanto ao relatar as fake news. Contudo, as notícias de verificação se substanciam na ideia de consenso científico, recorrendo à credibilidade e à expertise dos cientistas. Os padrões de racionalização, de certa forma, se relacionam com as dimensões observacionais, pois estas tangenciam fatores relacionados a procedimentos e normas, que garantem o rigor científico da produção de vacinas.

Por fim, o eixo sociocultural, que abrange o papel das instituições, economia e financiamento e comunicação, prevalece como o mais fértil em termos de aspectos de NDC, pois possibilita debater sobre as diferentes formas de persuasão que cientistas, jornalistas e negacionistas empregam, aludindo a questões relacionadas

ao estabelecimento de consenso e o papel da autoridade científica. No mais, a persuasão serve, inclusive, para ilustrar as relações entre a ciência e a mídia, que atua como divulgadora e guardiã (*gatekeeper*) dos conhecimentos científicos. Ademais, as publicações se apoiam em argumentos sobre conflitos de interesse no contexto do financiamento das pesquisas fraudulentas para aumentar a confiança do leitor.

As dimensões concernentes à comunicação permeiam as demais dimensões e são onipresentes, à primeira vista por conta da natureza jornalística dos materiais analisados e, em profundidade, em razão da natureza do caso, em si, que envolve uma situação de má fé e fraude, pondo em xeque a credibilidade científica. Nesse contexto, três fatores se destacam: dependência epistêmica, confiança epistêmica e credibilidade. Embora não incluída na “comunicação” por Allchin e colaboradores, a autoridade epistêmica também é um fator relevante. Consideramos que a abordagem desses fatores é necessária para a melhor compreensão de NDC em cenários negacionistas.

Diante do exposto, são evidentes as potencialidades das publicações do tipo *fact-checking* e do instrumento de confiabilidade para a abordagem de aspectos de NDC em sala de aula, em especial para trabalhar o “como” a pesquisa é desenvolvida. Entretanto, consideramos que o instrumento não atende ao “o que” pesquisar (e quem decide o que pesquisar), isto é, a relevância de um determinado problema em contexto específico.

A problemática aqui abordada apresenta um caráter global, à medida que movimentos antivacina são fenômenos mundiais, que podem interferir sob diferentes formas em contextos locais. Este é o caso da vacina contra a dengue no Brasil na atualidade, que vem sendo alvo de hesitações, além de questionamentos sobre o público prioritário para o início da vacinação. Investigações futuras podem focar em problemas locais que permitam explorar a visão holística da ciência, que fuja de armadilhas positivistas e relativistas extremadas e evidencie a ciência em construção, além da ciência pronta e acabada, de modo a aproximar ciência e sociedade através de uma relação de coprodução. Desmistificar fake news não é fechar os olhos para riscos potenciais das vacinas, mas uma oportunidade de clarificar questões essenciais e auxiliar na tomada de decisão de estudantes quanto à importância da vacinação.

## Capítulo 5 – Educação CTS: repensando a atividade científico-tecnológica

*Todo conhecimento é resposta a uma dada questão. Se não houver questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo, nada é dado. Tudo é construído (Bachelard, 1978).*

Neste capítulo, centramos as reflexões na literatura do campo CTS, buscando nela perspectivas para (des)enlaces entre CTS e NDC. Além de uma reflexão sobre a origem do movimento CTS e sua repercussão no contexto educacional, destacamos autores desse e de outros campos que podem contribuir para que a educação CTS se debruce sobre os objetos científicos, as práticas que os produzem e a complexa rede que envolve esses aspectos.

### 5.1 Contextualizando o campo CTS: perspectiva dos países dominantes

Denomina-se ECTS (estudos de ciência, tecnologia e sociedade ou estudos sociais da ciência e da tecnologia) o campo de reflexões sociais e políticas voltadas à CTS (Vaccarezza, 1998). Esse campo, essencialmente interdisciplinar, conforme aponta Linsingen (2007), converge disciplinas como “a filosofia da ciência e da tecnologia, a sociologia do conhecimento científico, a teoria da educação e a economia da mudança tecnológica” (p. 3). O autor narra que os ECTS emergiram na Europa e América do Norte (aqui referidos como “mundo branco”) em um cenário de descrença da ciência e da tecnologia como promotores de bem-estar social, nas décadas de 1960 e 1970, o que contrastava com o propagado entre o final do século XIX e pós-Segunda Guerra Mundial.

As novas relações de ciência, tecnologia, sociedade florescem sob condições insalubres, marcadas por um horizonte de tensão, de devastação ambiental principalmente com motivações bélicas e críticas à prevalência positivista na filosofia e sociologia da ciência.

Os estudos de CTS, desde seus primórdios, rumaram em três vias, nos campos da pesquisa, políticas públicas e educação, aponta Linsingen (2007). Segundo o autor, no primeiro campo, buscou-se promover a visão socialmente contextualizada e não essencialista da atividade científica, enquanto nas políticas públicas posiciona-se pela regulação social da CT. Por fim, na educação, o movimento CTS fomenta a

criação de disciplinas nos ensinos básico (inicialmente médio e, a partir dos anos 1980, fundamental) e superior voltadas à nova imagem de ciência e tecnologia e amparadas por um pensamento mais crítico.

Os ECTS assumem uma postura crítica perante a imagem tradicional, essencialista de CT, que entendem a ciência como a busca pela revelação das peças e leis que constituem e governam o mundo natural e social. Essa concepção, criticada, coloca a ciência e tecnologia como destituídas de posicionamentos, interesses, valores e opiniões, que apenas apresentam seus resultados para que a sociedade decida o que fazer com eles. A crítica apontada pelos ECTS é caracterizada por Kuhn (1998) – falaremos mais sobre em 5.3.1 A atividade científica e tecnológica é pautada na resolução de problemas: a visão kuhniana, ao considerar que a ciência não leva em conta a sociedade para decidir quais problemas são relevantes.

A concepção defendida pelos ECTS desloca o holofote das responsabilidades pelas mudanças científicas e tecnológicas para o cenário e transformações sociais, recolocando o processo científico e tecnológico como fundamentalmente produtos sociais, para os quais elementos não epistêmicos ou técnicos são elementos orientadores decisivos (Bazzo *et al.*, 2003).

O campo, mesmo que nas distintas tradições norte americana e europeia, é conectado por três premissas básicas que compõem o denominado “silogismo CTS”. A primeira entende que o desenvolvimento científico e tecnológico é balizado por elementos de ordem cultural, política, econômica e epistêmica. A caracterização da mudança científico-tecnológica como tema de interesse público primordial, já que exerce influência desde as nossas formas de vida ao arranjo institucional, constitui a segunda premissa. A terceira indica que todos temos em comum “um compromisso democrático básico” (Linsingen, 2007, p.5).

De acordo com Linsingen (2007), no início do século XXI, passadas quatro décadas do que chamou de “início do ‘desencantamento’ científico-tecnológico” (p. 6), os atributos negativos da ciência parecem continuar se sobressaindo frente aos positivos, o que cultiva e eleva as contradições que a opinião pública enxerga na atividade científica. Mais de uma década e meia depois da publicação mencionada, em um contexto pós-pandêmico onde buscou-se colocar a ciência como protagonista, entendemos que a desconfiança e o descontentamento com a ciência ainda se faz presente (possivelmente, de forma mais intensa), em um cenário de pós-verdade com proliferação de teorias conspiratórias negacionistas (Bonfim; Garcia, 2021).

Outro ponto relevante salientado por Linsingen (2007) é que o modo tradicional de compreender ciência e tecnologia continua sendo utilizado na academia, como forma de legitimação de suas atividades. Essa visão, com raízes no século XIX, apresenta C&T como empreendimentos neutros, destituídos de interesses, cujo único objetivo é o bem da humanidade, vem sendo difundida por cientistas e currículos, além de suportar a legitimação de formas tecnocráticas de governo. Novamente, há pouca ou nenhuma mudança positiva no cenário apresentado por Linsingen.

A visão tecnocrática, baseada em um paradigma positivista, é amplamente difundida, prevalente e perigosamente utilizada para combater o discurso pseudocientífico e anticientífico, como demonstrado por Bonfim e Garcia (2021). Tal discurso, na realidade, só tende a estimular ainda mais esses pensamentos. Mas o caminho também não é seguir para um relativismo exacerbado, pois, em certa medida, o discurso pós-moderno parece ter sido apropriado por alguns desses grupos (como terraplanistas) para contestar a perenidade e assertividade de teorias fundamentais aceitas há alguns séculos. O negacionismo é um ingrediente a mais que torna o equilíbrio entre visão positivista ingênua e relativismo extremo ainda mais difícil de ser alcançado na balança da educação em ciências.

Os ECTS florescem e se proliferam nesse cenário de contestação, como uma reação da comunidade acadêmica à crescente tendência de insatisfação com relação à visão prevalente de ciência e tecnologia. Em síntese, têm como ponto central a ênfase nos aspectos sociais da ciência e tecnologia, antagonizando com a concepção anacrônica sobre o status especial conferido à ciência como produtora autônoma de conhecimento e tecnologia unicamente como aplicação desta. Nesse sentido, ao se nortear por dimensões sociais e práticas, a visão do ECTS favorecem a desmistificação da tradicional imagem atribuída a ciência e tecnologia, conforme desvelado a seguir.

## **5.2 Contextualizando o PLACTS: a perspectiva dos países dominados**

O PLACTS (Pensamento Latino-Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade), segundo a denominação de Dagnino *et al.* (1996), refere-se às relações CTS no âmbito da América Latina e seus primórdios remetem a meados dos anos 1960 e 1970, aponta Linsingen (2007). Em contraste com o desenvolvimento do CTS na Europa, que nasceu a partir da convergência entre sociologia da ciência, uma

abordagem interdisciplinar da ciência e relações entre ciência e poder, a origem do movimento latino-americano remete às ponderações sobre ciência e tecnologia como atribuições das políticas públicas.

A denominação PLACTS só viria posteriormente, já que o emergente pensamento em políticas científicas e tecnológicas – que tinha como alguns de seus expoentes Oscar Varsavsky (1920-1976 – com ideias consideradas não alinhadas ao PLACTS por Dias e Dagnino, 2007), Amílcar Herrera (1920-1995), Jorge Sábato (1924-1983), Máximo Halty e Marcel Roche (1920-2003) – não constituía uma comunidade explícita sob o rótulo CTS, aponta Vaccarezza (1998). O autor avalia que o CTS na América Latina derivou de movimento (mais voltado a ações políticas intervencionistas) para campo (com foco em elaborações teóricas), em contraste com o observado nas outras regiões.

O movimento CTS na América Latina surgiu de origem simultânea à Europa e América do Norte (Dias, 2008; Galieta; Linsingen, 2021). Dias (2008) salienta que as três vertentes pressupõem que a visão tradicional de ciência e tecnologia não bastava para atender aos interesses coletivos. Em contraste, Galieta e Linsingen (2021) enfatizam as distintas articulações, interesses e objetivos do PLACTS em relação às suas contrapartidas europeia e estadunidense. Conforme sumarizado pelos autores, há um entendimento, mais difundido, de que os primórdios do PLACTS remetem à década de 1960 (Dagnino *et al.* 1996; Kreimer *et al.*, 2014; Thomas, 2010; Vaccarezza, 1998; Linsingen, 2007), apesar de poderem ser tão antigos como a década de 1950 (Arellano; Kreimer, 2009).

É consensual, que o PLACTS criou suas bases nas décadas de 1960 e 1970, foi institucionalizado e profissionalizado da década seguinte até meados dos anos 1990 e, desde então, vem se consolidando com eventos e periódicos especializados (Galieta; Linsingen, 2021). Em consonância, há uma tendência geral crescente nas décadas de 2000 a 2020, de aumento no número teses sobre o tema no Brasil, constatado em Consulta ao Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Linsingen (2007), apoiado em Kreimer (2007), assevera que no cerne do PLACTS estavam compreensões partilhadas por ECTS do mundo branco, como a ótica CTS sobre não-neutralidade e não-universalidade. Os autores apontam que dessa visão, que C&T são processos sociais dependentes de seus contextos, aporta o paradoxo contrastando a tentativa de produção de conhecimento científico por

países pouco desenvolvidos à relação de dependência que mantém com o conhecimento, principalmente o tecnológico, oriundo de países “industrializados”.

A principal meta dos pensadores do PLACTS, parcialmente lograda segundo Linsingen (2007), era fazer de ciência e tecnologia questões de interesse público, relacionado a planos de desenvolvimento socioeconômico regional. Tais pensadores, em sua maioria cientistas e engenheiros, eram ligados a funções executivas em órgãos de C&T, de consultoria ou em instituições privadas de investigação, daí a maior preocupação, com questões de ordem política do que com as teóricas (Galieta; Linsingen, 2021).

O PLACTS apresenta estudos de caso com perspectiva sociológica como alternativas para discussões sobre limitações e alcances do conhecimento científico e tecnológico, especialmente como motor de mudança (e aqui acrescentamos justiça) social em sociedades subdesenvolvidas (Linsingen, 2007). As reflexões são pautadas no conceito de “relevância”, que pressupõe que o conhecimento pode ser produzido de estratégias concebidas em torno do estudo e solução de problemas sociais.

Esse cenário soma-se à possibilidade de “endogenização da tecnociência”, uma assimilação de C&T advinda dos países dominantes, porém adequadas aos propósitos estabelecidos por políticas públicas socialmente comprometidas (Linsingen, 2007; Vessuri, 2001). Um processo que seria de transferência tecnológica adquire contornos de assimilação e geração de novo conhecimento tecnológico, aponta Linsingen (2007) sustentado em Herrera (*apud* Dagnino, 2000). O autor conclui que, para sociedades alicerçadas nesse modelo de desenvolvimento científico-tecnológico, não se objetiva o aprisionamento; em contraste, busca-se a autonomia para estabelecer as bases tecnológicas e quais relações sociotécnicas de interesse comum a seus membros.

Diante do exposto, acrescentamos, em analogia ao mundo das artes, que o processo de endogeneização descrito se assemelha ao antropofagismo nos campos artístico e cultural brasileiros, que batizou o movimento modernista eternizado pela Semana de Arte Moderna de 1922.

Desde sua origem, o movimento PLACTS buscou refletir a ciência e tecnologia como políticas públicas além de criticar o processo de transferência de tecnologia como uma relação de dependência dos países periféricos, apontam Galieta e Linsingen (2021). Ainda de acordo com os autores, os pensadores do PLACTS

externalizavam posturas moderadas a mais radicais, com maior participação do estado na produção de conhecimento científico e tecnológico, com enfoque endógeno.

Galieta e Linsingen (2021) avaliam que o pensamento e o caráter ativista do CTS foi sendo diluído com o passar do tempo, o que em nossa avaliação reflete, as transmutações sofridas pelo movimento CTS na América Latina. No período compreendido entre as décadas de 1960 e 2000, Kreimer *et al.* (2014) categorizaram em quatro gerações: pioneiros, pós-graduados no exterior (basicamente em ciências sociais), pós-graduados em programas locais de CTS, equipe consolidadas de múltiplas origens, da mesma forma com maior protagonismo das ciências sociais.

Ao debater a trajetória intelectual trilhada pelo economista Osvaldo Sunkel (1929), Dias e Gutiérrez (2015) salientam como notável contribuição seu entendimento do subdesenvolvimento como produto de um processo de acumulação capitalista de ordem global e não como representantes de um estágio transitório de desenvolvimento. Os autores enfatizam suas ideias convergentes com outros intelectuais do PLACTS, especialmente a defesa de uma ação planejada para pesquisa científico-tecnológica focada em setores estratégicos que acompanhe os esforços de desenvolvimento da América Latina. Nesse contexto, destacam as universidades, que devem estar integradas à sociedade, e a comunidade latino-americana como suportes para a geração de conhecimento local voltado aos interesses da sociedade, à construção de um projeto nacional.

Por fim, o PLACTS, em sua dimensão ideológica, representa “um processo de ruptura com a visão tradicional de ciência e de tecnologia que segue de uma desocidentalização (ou deseuropeização)”, discorre Linsingen (2007, p. 8). Tomando emprestadas as palavras de Vessuri (2001), o referido autor desenvolve que a ciência passa a ser vista como cultura, fomentando a participação de atores sociais, convergindo conhecimentos do mundo desenvolvido com outras culturas, tendo como meta final a “participação social” na criação de tecnologia” (Vessuri, 2001, p. 242).

### **5.3 Repensando a atividade científica e tecnológica: contribuições para a educação CTS**

A resolução de problemas e a cultura de participação social são elementos importantes da educação CTS no contexto atual (Auler, 2015; Rosa; Strieder, 2021; Santos *et al.*, 2013). Enquanto a primeira é responsável pela origem do conhecimento

científico (Bachelard, 1977), a segunda torna os processos científicos e tecnológicos mais democráticos. Strieder e Kawamura (2017) apontam um dos três propósitos da educação CTS está relacionado aos compromissos sociais perante problemas ainda não estabelecidos. Esses elementos se relacionam à medida em que uma maior participação da sociedade, vai além da tomada de decisão frente a um determinado problema ou produto da CT, ao possibilitar uma interferência nas agências de pesquisa, enfim, nos modos de *fazer ciência*.

Nesse sentido, o desenvolvimento científico e tecnológico volta-se a paradoxos como consumismo e sustentabilidade, acúmulo de capital e justa distribuição de riquezas, a exploração de recursos naturais e mudanças climáticas, facilidade de acesso a informações e mau uso delas por meio da profusão de fake news, além de questões de gênero, raça e desigualdade socioeconômicas.

Visando as supracitadas questões e aproximações entre educação CTS e NDC, haja vista que o entendimento de NDC “é essencial para a compreensão das implicações sociais da ciência, uma vez que o aluno passa a entender a ciência como atividade humana e não simplesmente como atividade neutra distante dos problemas sociais” (Santos, 2007, p. 483), abordamos nesta seção a atividade científica e tecnológica sob dois enfoques: resolução de problemas e prática social. Para tal, nos baseamos em aportes da filosofia da ciência, como Thomas Kuhn, da sociologia da ciência, como Karin D. Knorr-Cetina, do próprio campo CTS, como o PLACTS e suas articulações com o pensamento freiriano.

### *5.3.1 A atividade científica e tecnológica é pautada na resolução de problemas: a visão kuhniana*

De antemão, esclarecemos que não vamos nos ater às diversas noções de “paradigma” apresentadas por Kuhn ou nas críticas feitas à sua visão. O propósito aqui é entender mais de perto o que o autor entende por “problema”. Para traçar as discussões nos baseamos principalmente em duas edições do livro “A estrutura das Revoluções Científicas”, obra seminal do pesquisador.

Uma das definições de “paradigmas” é “as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (Kuhn, 1998, p. 13). Neste sentido, infere-se uma relação entre uma das muitas noções de

“paradigma” e “problema”, bem como sua resolução. As resoluções seriam então produzidas sob a forma de modelos voltados para a comunidade científica em si. Tais modelos são desenvolvidos a partir de “regras e procedimentos conhecidos” (Kuhn, 1998, p. 24). Kuhn parece falar da relação problema-solução como inteiramente endógena à esta. Em síntese, quando o autor debate sobre problema está implícita a concepção de algo que é interessante para a comunidade científica não necessariamente para a sociedade.

A partir das ideias de Kuhn, percebe-se que existe uma noção de problema para a ciência normal e uma noção de problema para a ciência extraordinária. Pode-se dizer que a noção de problema (e sua resolução) seja uma espécie de mediadora entre um período e outro. Um “problema comum” é resolvido por procedimentos e regras habituais, ao passo que um problema extraordinário contribui ou por si só se constitui como anomalia e, desse modo, parte-se para as “investigações extraordinárias. Cientistas determinam o que é considerado problema, que deve ser submetido ao escrutínio da comunidade. Nos chama atenção também o impacto que uma nova teoria ocasiona na redefinição dos problemas de pesquisa.

Kuhn discute sobre quais ideias (e conseqüentemente quais cientistas que as conceberam) têm a força motriz para promover a mencionada reorientação nos rumos dos problemas. São teorias responsáveis por promover o abandono de teorias anteriores no seio dos “praticantes da ciência”. Uma teoria é durável quando há uma convergência de dois fatores: adesão da comunidade e possibilidades abertas para responder uma vasta gama de problemas, já estabelecidos ou que estão por vir. Este é o caso de diversos ramos do conhecimento físico. Ao debater tais aspectos, o autor se apoia no desenvolvimento da ótica e da eletricidade. Aqui, alicerçar-nos-emos no episódio da descoberta da radioatividade. O autor indica que períodos pré-revolucionários são marcados por múltiplas teorias, com peso de certa forma equilibrado perante os praticantes, que orientam seus próprios problemas sem, no entanto, representar um norte maior para a comunidade.

Antes de Marie Curie conseguir explicar o fenômeno da radioatividade, pesquisadores como Chalé Henry, Piltchikof e Niewnglowski catalisaram novas descobertas, partindo dos raios-X, construídas sobre bases teóricas e experimentos que não prosperaram, em alguns casos baseadas em argumentos *ad hoc* (e porque não dizer até metafísicos) e, por isso, não foram absorvidos pela comunidade. Segundo Martins (1990), esses pesquisadores seguiram uma pista falsa dada por

Poincaré em uma revisão que consistia na relação entre fluorescência e os raios-X. Ao fim, e seguindo essas mesmas pistas, Becquerel permanece se baseando em teorias e fenômenos que já conhece, isto é, do paradigma vigente e não consegue perceber, o que há de novo em seus estudos.

O que regem os problemas e como são caracterizados na ciência normal? Uma vez estabelecido um paradigma, isto é, em períodos de ciência normal, os problemas tornam-se mais “recônditos e concretos”. Do mesmo modo, a comunicação dos resultados das pesquisas passar a ocorrer de forma mais especializada. Os cientistas se ocupam com problemas que detêm “reduzido interesse em produzir grandes novidades” (Kuhn, 1998, p. 57).

Adicionalmente, o autor salienta que paradigmas apenas são alicerçados a tal patamar quando superam outras teorias na resolução de determinados problemas que os cientistas entendem como de fundamental gravidade. Não seria, na sua visão, suficiente uma resolução profundamente eficiente de um único problema ou para um grande número, mas sim para aqueles vistos como essenciais pela comunidade. Nesse caso, a discussão tecida por Kuhn denota que a comunidade é quem decide o status de um determinado paradigma.

Quando se estabelece um paradigma, a partir da resolução de problemas primordiais, que são deixados de serem vistos como uma preocupação urgente, abre-se espaço para que os cientistas invistam em problemas menores que, ordinariamente, não seriam foco devido à sua natureza menos complexa. Em determinadas circunstâncias, o paradigma pode não ser tão eficiente com algum problema, o que provoca um afrouxamento, agindo como um “mecanismo interno” para possibilitar a busca por novos problemas (cada vez mais complexos), que em última instância podem causar crises e resultar em um novo paradigma.

No intervalo, entretanto, durante o qual o paradigma foi bem-sucedido, os membros da profissão terão resolvido problemas que mal poderiam ter imaginado e cuja solução nunca teriam empreendido sem o comprometimento com o paradigma. E pelo menos parte dessas realizações sempre demonstra ser permanente (Kuhn, 1998, p. 45).

Kuhn estabelece três classes de fatos científicos, que em sua definição, apresentam a relação com problemas (que podem ser de origem teórica, experimental ou observacional), como aspecto chave, são elas: “determinação do fato significativo, harmonização dos fatos com a teoria e articulação da teoria” (Kuhn, 1998, p. 55). A primeira classe diz respeito a fatos cujo paradigma se mostre eficaz em explicar e

elucidar os problemas correspondentes. A segunda classe compreende fatos que corriqueiramente não seriam objetos de grande atenção, porém os são por conta da segurança teórica conferida aos cientistas pelo paradigma vigente. A terceira e última classe está ligada ao aperfeiçoamento do paradigma, frisando aspectos em maior detalhe sem representar alguma perspectiva de mudança de ótica na resolução de problemas, isto é, garantindo uma solução estável. “Alguns dos problemas, tanto nas ciências mais quantitativas como nas mais qualitativas, visam simplesmente à clarificação do paradigma por meio de sua reformulação” (Kuhn, 1998, p.54). Da análise das características das mencionadas classes, podemos depreender que “a existência de um paradigma coloca o problema a ser resolvido” (Kuhn, 1998, p. 48).

Os problemas de origem experimental podem surgir quando,

um paradigma que foi desenvolvido para um determinado conjunto de problemas é ambíguo na sua aplicação a outros fenômenos estreitamente relacionados. Nesse caso experiências são necessárias para permitir uma escolha entre modos alternativos de aplicação do paradigma à nova área de interesse (Kuhn, 1998, p. 50).

Em tempos de ciência normal as elocubrações teóricas são, via de regra, balizadas pelo paradigma vigente, que limita os problemas a “apresentar uma nova aplicação do paradigma ou aumentar a precisão de uma aplicação já feita” (Kuhn, 1998, p. 51). Aqueles problemas considerados por Kuhn como extraordinários manifestam-se de forma limitada, com menor frequência, pois são produtos de ocasiões especiais e, da mesma forma, demandam soluções brilhantes. Desse modo, a maior parcela de cientistas debruça-se sobre problemas comuns, corriqueiros no contexto da ciência normal, interrevolucionária.

O fascínio pelos problemas da ciência normal deriva de sua lógica, comparada por Kuhn a um quebra-cabeça complexo, repleto de procedimentos experimentais e equações matemáticas (muito embora também limitados pelo paradigma vigente), que têm como objetivo alcançar resultados esperados. Isso não quer dizer que os problemas sempre são guiados explicitamente por regras estabelecidas. Na realidade, enquanto um paradigma estiver vigorando, a produção científica normal avança sem maiores preocupações quanto a essas questões. Em contraste, em momentos de enfraquecimento do paradigma, quando os problemas se voltam às questões fundamentais, a necessidade de discutir regras se manifesta no seio de um grupo de cientistas. Problemas de maior relevância não podem ser tratados como tal quebra-

cabeça, apenas aqueles que são norteados e balizados pelos paradigmas vigentes a uma determinada época de ciência normal.

Ao nosso ver, o sistema de ensino é pautado na ciência normal, lançando mão de experimentos cujos resultados são profundamente previsíveis e esperados. Comumente, uma atividade experimental prática, seja no ensino básico ou superior, que se desvie expressivamente do esperado é tratada como um erro, provavelmente produzido por falhas procedimentais. Essas mesmas falhas são as únicas possíveis no dia a dia do pesquisador em épocas de ciência normal. O trabalho do pesquisador e do aluno se difere em razão da engenhosidade e habilidade, necessárias para resolver os problemas da ciência normal, mas muito pouco fomentadas nas aulas experimentais. São essas características, além de outros aspectos, que geram satisfação nos cientistas.

Nem mesmo a ideia de poder se voltar para um problema relevante para sociedade pode demover cientistas de sua determinação em propagar o que é preconizado pelo paradigma:

um paradigma pode até mesmo afastar uma comunidade daqueles problemas sociais relevantes que não são redutíveis à forma de quebra-cabeça, pois não podem ser enunciados nos termos compatíveis com os instrumentos e conceitos proporcionados pelo paradigma (Kuhn, 1998, p. 60).

Problemas e técnicas de pesquisa não são considerados inclusos em uma dada tradição de ciência normal por estarem orientados pelo mesmo conjunto de regras. Em contraste, são incluídos por se assemelharem ou se moldarem a alguma porção do corpus científico já incorporado e aceito como uma realização pela comunidade de cientistas.

O nascimento de uma nova teoria em todo caso é acompanhado do anúncio de suas aplicações para explanar fenômenos naturais que, ausentes, inviabilizam a própria existência da teoria. Ou seja, se a teoria não der conta de resolver um problema real ela não se sustenta. Esse nascimento é precedido por um “período de insegurança profissional pronunciada” (Kuhn, 1998, p. 95), uma vez que ocorre devido ao rompimento de paradigmas e, conseqüente, perda de valor da chamada ciência normal. Os problemas são reorientados, então, de acordo com regras estabelecidas em momentos de convulsão científica, até que um paradigma prevaleça, o que retorna ao estado de despreocupação com normas.

Aquilo que é considerado um quebra-cabeça na ciência normal pode ser interpretado como um contraexemplo quando examinado sob outra ótica. Enquanto

perturbações no paradigma se mostram promissoras em produzir avanços científicos notáveis, o rumo da ciência normal, em geral, se presta como um bom apoio para tarefas técnicas.

Um estado de crise de paradigma abre espaço para que explicações dadas pelo paradigma vigente sejam contestadas, resultando em existências paralelas de soluções para determinados problemas, englobando novo e velho paradigma. “Haverá igualmente uma diferença decisiva no tocante aos modos de solucionar os problemas” (Kuhn, 1998, p. 116). Tal estado de crise emerge quando há um fracasso recorrente na aplicação do paradigma vigente para resolver um quebra-cabeça, evocando um pretense substituto, um novo paradigma. Como requisito, esse substituto precisa parecer ter capacidade de resolver um determinado problema extraordinário, visto dessa forma pela comunidade e que não possa ser averiguado de nenhum outro modo. Além disso, precisa assegurar a manutenção de uma parcela significativa de avanços científicos do paradigma anterior.

O que acontece com os problemas quando um novo paradigma surge? Inicialmente, há a coexistência de soluções baseadas no paradigma atual com perspectivas apresentadas pelo novo pensamento, que tende a vigorar na comunidade científica. Ao passo que as bases do novo paradigma são fincadas, problemas relevantes no pensamento antigo podem passar a ser encarados como “não-científicos”. Da mesma forma, outros problemas, outrora esquecidos, podem adquirir novo status, de maior importância no cenário vindouro. “As mudanças nos padrões científicos que governam os problemas, conceitos e explicações admissíveis, podem transformar uma ciência” (Kuhn, 1998, p. 141)

Para Kuhn, paradigmas sucessivos em competição são considerados incomensuráveis, pois partem de visões de mundo distintas, logo, suas teorias são “logicamente incompatíveis”, “seus padrões científicos e definições são diferentes”, as diferenças entre eles são “necessárias e irreconciliáveis” (Ostermann, 1996, p. 191). Da mesma forma que os paradigmas são incomensuráveis, podemos dizer que os problemas também o são, pois não se desenvolvem de forma cumulativa. Adicionalmente, seus critérios de legitimação são alterados significativamente quando há mudança de paradigma. O mesmo ocorre para as soluções. Na mesma direção, Kuhn (1998, p. 178-179) afirma que “as gerações anteriores se ocuparam com seus próprios problemas, com seus próprios instrumentos e cânones de resolução. E não

foram apenas os problemas que mudaram, mas toda a rede de fatos e teorias que o paradigma dos manuais adapta à natureza”.

Mas e entre um paradigma e outro? Nessas situações, duas ou mais escolas de cientistas podem discordar da importância e validade de algum problema e, conseqüentemente, de suas soluções. Os dois grupos agora prostrados em lados opostos travarão embates, não necessariamente abertos, para endossar a relevância de sua própria proposta e minar a imagem do outro lado. Nesse momento, os dois paradigmas concorrerão para testar a eficiência de seus métodos frequentemente trazendo resultados positivos para os problemas que um estabelece e sendo ineficiente com certos problemas levantados por seus adversários. Em tempos de crise paradigmática, especificamente quando dois ou mais paradigmas concorrem, estes são postos em teste, o que representa uma peça da contenda travada pelos paradigmas rivais em busca da adesão da comunidade científica em um jogo de persuasão.

Ancorados em Goodwing (2013), Raicick *et al.* (2018) enfatizam que apesar de Kuhn não ter se dedicado a questões explícitas relacionadas a controvérsias científicas, o faz ao abordar em suas obras (ainda que superficialmente) certos desacordos históricos envolvidos, tais como a teoria do calórico e mudanças na teoria do flogisto. Enquanto este último autor, propõe uma classificação dos tipos de controvérsias científicas não-revolucionárias a partir de uma visão kuhniana, os primeiros ampliam essa classificação, ratificando que as controvérsias podem ocorrer tanto em períodos revolucionários quanto não-revolucionários, as classificando como: analíticas, resistivas e argumentativas. A discordância entre duas escolas, por exemplo, é classificada como uma controvérsia analítica, que geralmente ocorrem em períodos pré-paradigmáticos.

De acordo com Kuhn (1989), um embate de dois paradigmas concorrentes não segue regras, padrões ou se comporta de uma forma previsível e objetiva, que permita, por exemplo, comparar o número de problemas que cada um consegue resolver. Neste âmbito, os defensores do paradigma antigo o apresentam como o grande solucionador, ao passo que os adeptos do novo paradigma advogam que apenas ele pode solucionar problemas que levaram à crise. Nesse confronto, não há esperanças de demonstrar um posicionamento ou convencer o outro lado por meio de provas.

Analogamente, enunciados de problemas essenciais e suas soluções correspondentes ficam circunscritas a cada grupo, que ignora o lado adversário. O que, em geral, coloca uma teoria científica em um patamar superior que a sua antecessora é, mais do que sua capacidade de resolver um maior número de problemas, o fato de ser considerada como uma visão mais fiel do que é a natureza.

No entendimento de Kuhn, os manuais científicos mais relevantes, textos de divulgação científica e trabalhos filosóficos constituem “um corpo já articulado de problemas, dados e teorias e muito frequentemente ao conjunto particular de paradigmas aceitos pela comunidade científica na época em que esses textos foram escritos” (Kuhn, 1998, p. 174).

O corpo caracterizado pelo autor configura o núcleo central da autoridade científica, notada tanto por cientistas quanto por leigos, que mascara de forma sistemática o fato de existirem e o que significam as revoluções científicas. O cenário descrito por Kuhn, ainda, suporta a compreensão de que mesmo um cientista experiente tende a deixar passar despercebida uma revolução científica que esteja vivenciando, muito em razão da supracitada autoridade.

Um aspecto do sistema de ensino que dá suporte à ciência normal são os livros texto e manuais que são galgados sobre esses fundamentos e devem ser reescritos quando há alterações em diversos níveis do paradigma. Em um contexto pós-revolução científica, em adição, esses veículos didáticos necessitam de reformulações mais profundas que, via de regra, silenciam total ou parcialmente paradigmas não mais vigentes, como é o caso da teoria do flogisto, amplamente esquecida no alvorecer da química.

Indo além, o silenciamento abrange a não menção a desacordos pré-revolucionários, ainda na moldura do paradigma agora derrotado, que foram fundamentais para o estabelecimento do novo paradigma. Um exemplo, também discutido por Kuhn, são os debates em torno da “descoberta” do oxigênio, protagonizados por Lavoisier e Priestley, em meio ao que Chamizo *et al.* (2012) denominaram de primeira das cinco revoluções químicas. No mesmo contexto, os problemas explicitados pelos manuais são aqueles que contribuem para solucionar problemas do paradigma atual, então são apenas destacadas as partes dos trabalhos antigos que coadunam com as ideias vigentes.

Na esfera do ensino, Kuhn lança mão do termo “exemplares” como um substituto para “paradigma” ao tratar de matrizes escolares. Em seguida, o termo se

refere a resoluções reais de problemas endereçados aos estudantes ao longo da vida escolar, abrangendo de livros texto de ciências a atividades práticas de laboratório. Não obstante, o autor remete a uma terceira conotação para exemplares, agora assumindo o significado de problemas clássicos de uma dada disciplina científica. A partir de Kuhn entende-se que os exemplos de problemas são sempre acompanhados por “soluções técnicas” disponíveis em publicações especializadas e que apontam, exemplificando como um cientista deve realizar seu trabalho.

Chama-nos atenção a crítica feita por Kuhn aos filósofos da ciência por não se interessarem pelos problemas enfrentados pelos estudantes nas atividades laboratoriais por acreditarem que esse tipo de atividade não agrega muita coisa ao pensar que só serve para ratificar a teoria, isto é, serve para ver na prática a teoria. Na nossa perspectiva, com essa visão perdura até os dias de hoje na educação científica, pois muitas vezes, entre professores e estudantes, as aulas experimentais têm a função de comprovar/aplicar a teoria, remetendo a uma ideia empiricista de ciência.

“A concepção empirista está associada à crença de que o conhecimento científico é um conhecimento verdadeiro, inquestionável e, portanto, o experimento deve corroborar os enunciados teóricos” (Lobo, 2012, p. 431). Nesse sentido, o conhecimento científico se fundamenta sobre teorias e regras e aos problemas são atribuídas a função de aperfeiçoamento de suas habilidades, restringindo o mais importante: a resolução de problemas com o intuito de “aprender coisas relevantes a respeito da natureza” (Kuhn, 1998, p. 233).

Ao se deparar com problemas desconhecidos, ambos, cientista e estudante assumirão a postura de buscar semelhanças com problemas previamente conhecidos. Este *modus operandi* consonante reflete a perpetuação da ciência normal, levada a cabo pela comunidade científica e propagada pela educação em ciências. Aqui, apresentamos dois exemplos, um cotidiano e outro da história das ciências que ilustram a argumentação de Kuhn.

O primeiro exemplo refere-se à transmissão pela educação do que é praticado na comunidade científica, por meio de aulas de laboratório. As aulas práticas laboratoriais são moldadas por roteiros pré-estabelecidos, fornecidos aos estudantes, que guiarão, não somente os procedimentos experimentais, como também as discussões e conclusões.

O aprofundamento teórico e as elocubrações são feitas de acordo com referências fornecidas e qualquer erro ou resultado inesperado deve ser explicado por essas fontes. Caso algo fuja totalmente do script e não haja nenhuma explicação disponível na literatura, ou seja, disponibilizada pela comunidade científica, é aceitável que se diga que não há resposta para o fenômeno observado. Esse mesmo raciocínio se repete nas iniciações científicas e grande parte das investigações desenvolvidas por pesquisadores iniciantes: busca-se procedimentos e explicações na bibliografia e, se não há nenhum trabalho disponível, não há explicação.

O segundo exemplo ilustra como Marie Curie, ao fugir desse ciclo vicioso paradigmático, alçou novos voos, buscou novos problemas e conseguiu contribuir com o estabelecimento de um novo paradigma, culminando em uma terceira revolução química, como apontam Chamizo *et al.* (2012). No final de 1897, Marie decide fazer doutorado e está em busca de um objeto de pesquisa que pudesse “fornecer material fértil e original” (Curie, 1937). Nesse processo, em busca por relatórios de estudos experimentais, sua atenção é atraída por uma publicação de Henri Becquerel do ano anterior. Seguindo a descoberta dos raios-X por Roentgen, Henri Poincaré apontou a possibilidade de investigar a emissão desses raios de corpos “fluorescentes” sob a luz. Motivados pelas mesmas questões, diversos físicos se debruçaram a compreender se raios similares não eram emitidos sob a luz.

Nesse contexto, Becquerel, ao examinar “sais de urânio”, observou que emitiam raios de natureza desconhecida espontaneamente, sem necessidade de exposição à luz. Ele notou que um composto de urânio colocado sobre uma placa fotográfica embalada com papel preto deixou uma impressão na placa através do papel. Esses “sais” descarregaram um eletroscópio (aparelho que utilizava para medir cargas elétricas) como resultado da conversão do ar em um condutor. Becquerel se certificou que essas propriedades não eram causadas por exposição ao sol, ao manter os sais de urânio vários meses na escuridão. Ele fazia as primeiras observações sobre um fenômeno que seria posteriormente batizado por Marie Curie como *radioatividade*. Até então, a natureza e a origem da radiação dos sais de urânio permaneciam sem explicação e incitou a curiosidade de Marie, a ponto de transformá-lo em seu objeto de doutorado. A escolha dela é justificada, também, pelo fato de ser, à época, um campo recente e ainda não estudado nos laboratórios da Europa.

Em uma reedição do livro de 1970, Kuhn se dedica a contra-argumentar as críticas que recebera sobre a exclusão dos valores na determinação dos paradigmas.

Na referida discussão, o autor destaca o papel dos valores na construção de um sentimento de pertencimento à “comunidade científica global”<sup>12</sup>. Kuhn apresenta uma noção ampla sobre os valores que norteiam a prática científica, abrangendo especialmente fatores que interpretamos como de ordem epistêmica: acurácia, preferência a predições quantitativas e erros determinados. O autor ressalta que esses valores, de caráter preditivo, são aderidos mais intensamente pelos cientistas. Podemos dizer que esses valores são os que são transparecidos nas disputas entre paradigmas.

Kuhn (1970) enfatiza que a aplicação desses valores é influenciada pela personalidade e pela trajetória do cientista – aqui compreendidos como aspectos de ordem não-epistêmica internos à comunidade científica, em consonância com a classificação proposta por Acevedo *et al.* (2017). Contrariamente aos aspectos epistêmicos, essas são características que são intencionalmente invisibilizadas pela comunidade. Na ideia abrangente sobre valores de Kuhn fica evidente que há nas situações de disputa uma interação entre fatores epistêmicos e não-epistêmicos.

Em uma pergunta retórica, o autor se questiona se é necessário (ou não) que a ciência seja dotada de utilidade social, explicitando sua posição favorável, apesar de não se debruçar sobre essa questão de forma aprofundada, concluindo que as ideias que apresenta até então são suficientes para afirmar que sim. Nessa direção, Araújo e Silva (2012) pontuam que essa pergunta possivelmente é a que mais se aproxima do movimento CTS. Indo além, afirmamos que sim.

Frente ao exposto, podemos dizer que a ideia de problema na visão kuhniana possui um sentido mais esotérico, endógeno à comunidade científica. Um outro modo de afirmar isso seria dizer que depois que um problema é abraçado pela comunidade científica (seja por inúmeras razões) como ele é tratado a partir daí? É importante salientar que apesar de focar no funcionamento interno da resolução de problemas científicos, Kuhn (1998) assume que há a influência de elementos externos nesse processo. Em outras palavras, e ao mesmo tempo, fazendo uma alusão ao que Acevedo *et al.* (2016) propõem, podemos considerar que Kuhn sugere são discussões epistêmicas e em algum alcance não-epistêmicas internas à comunidade no tratamento de problemas científicos.

---

<sup>12</sup> A ideia de comunidade científica global é distante da realidade, porque apesar do conhecimento científico apresentar certa universalidade, não existe essa ideia de comunidade como um bloco monolítico.

Pensando agora em como os problemas adquirem relevância não só científica, mas também social é que nos debruçamos a compreender, entre outras questões, como o (PLA)CTS aborda a resolução de problemas na CT. Desse modo, o primeiro passo é reconhecer o uso social do conhecimento científico “como modos elaborados de resolver problemas humanos (Santos, 2007, p. 487).

### *5.3.2 Em quais problemas a atividade científica e tecnológica está pautada? O PLACTS*

O PLACTS, a partir de uma nova visão do movimento CTS, volta-se a temáticas envolvendo ciência e tecnologia que são importantes do ponto de vista social para a América Latina (AL), asseveram Lopes e Santos (2021). Neste sentido, consideramos que são analisadas as determinações contingenciais que diferenciam os problemas em primeira instância estruturais característicos dos países que compõem a AL dos problemas dos demais países do mundo.

Assim, o contexto latino-americano inclui problemas culturais, políticos, educacionais, econômicos, científicos e socioambientais, produzindo um pensamento independente e autônomo. Isto não quer dizer que o pensamento se aliena à realidade global, mas por uma questão de reparação histórica, é priorizado o pensamento endógeno para se que possa emancipar e libertar os seus povos, através de um movimento político.

A produção científica e tecnológica na América Latina é considerada subdesenvolvida justamente por que tenta reproduzir o modelo de desenvolvimento do hemisfério norte (Auler; Delizoicov, 2015). O ideal é alinhar a produção local aos problemas que traduzem as contradições sociais da comunidade. Dessa forma, tem-se como principal preocupação a abordagem de “demandas espaços-temporais não enfrentadas historicamente, não transformadas em problemas de pesquisa, não traduzidas em soluções para os problemas da região” (Auler; Delizoicov, 2015, p. 285). Nesse âmbito, o PLACTS tem como um de seus pressupostos a construção de uma base científica e tecnológica própria de modo a responder demandas e necessidades relacionadas ao desenvolvimento da AL, apontam Dias e Gutiérrez (2015). Ao mesmo tempo, busca explicar o atraso científico e tecnológico dessa região como uma consequência e não como uma causa, para o seu subdesenvolvimento.

Desde o início das discussões que viriam a configurar o PLACTS, seus pensadores vêm direcionando críticas à suposta neutralidade científica e tecnológica com relação ao que é produzido em países do hemisfério norte, apontam Roso e Auler (2016). Os autores, amparados em Varsavsky (1969) e Herrera (2000), sinalizam que a atividade científica não se processa de forma dissociada de seu contexto social, estando envolta de valores. Na mesma intensidade, a tecnologia que é produzida por esses países não é necessariamente a mais adequada para o desenvolvimento de países periféricos, especialmente os da AL (Roso; Auler, 2016; Sábato; Mackenzie, 1982).

Nessa direção, Santos e Mortimer (2002) apontam que os currículos/modelos CTS de países desenvolvidos não podem ser diretamente incorporados a esses países, pois não refletem suas realidades. Os autores dão o exemplo da desigualdade social extrema que não existe nos países nos quais esses currículos foram desenvolvidos, o que reforça a necessidade de um pensamento que incorpore as necessidades dessa região.

Em termos de produção científica e tecnológica, cientistas de países da América Latina tentam se aproximar ao máximo do que é produzido nos países mais ricos, refletindo a busca pela chancela da comunidade internacional através de publicações em seus periódicos. Deste modo, exclui-se as peculiaridades profundamente enraizadas no fazer científico, como as “gambiarras científicas” e o uso do “jeitinho brasileiro” para driblar as adversidades da falta de recursos.

Em comparação com o movimento CTS, de início, o PLACTS não teve muita adesão, contudo, nas últimas décadas, pesquisadores brasileiros, como Auler (2007, 2018), Auler e Delizoicov (2015), Santos (2016, 2019) e Strieder (2012), vêm desenvolvendo trabalhos vinculados a educação em ciências, a partir de aproximações entre o PLACTS e a abordagem freiriana, apresentando como propósitos a superação da cultura do silêncio e a promoção da cultura da participação (Roso; Auler, 2016; Schwan; Santos, 2021). Neste íterim, acrescentamos à essa lista os trabalhos desenvolvidos por Auler (2021), Auler e Bazzo (2015), Dagnino e colaboradores (2006, 2008, 2014, 2015), Dias (2008, 2015), Rosa e Strieder (2021) e Strieder *et al.* (2016).

Vale ressaltar que alguns desse autores, como Strieder e seus colaboradores, utilizam as visões do PLACTS e de Paulo Freire para suplantam uma educação CTS de natureza crítica (Strieder *et al.*, 2016). No cenário educacional, a abordagem

freiriana e o PLACTS coadunam à medida em que a realidade dos educandos é levada em conta, sendo problematizada e visando uma formação crítica. Do mesmo modo, há uma articulação consolidada no contexto brasileiro entre CTS e Paulo Freire (Strieder, 2012), dado o número de práticas educativas alicerçadas nessa articulação (Roso; Auler, 2016).

Contudo, há vacâncias no que tange uma das principais contribuições de Freire: a investigação temática, edificada sobre a premissa de participação da comunidade escolar na percepção e escolha de problemas e temas locais para serem trabalhados em sala de aula. Na visão de Freire, as temáticas, propostas por meio da participação da comunidade, indicam os conhecimentos necessários. Nessa direção, Auler (2007b) pontua que há uma diferença entre “aprender para participar” e “aprender participando”. Não é aconselhável que os educandos precisem primeiro saber tudo sobre determinado problema enquanto estiverem na escola para depois, no mundo “lá fora”, começar a intervir na realidade.

Há uma defesa então, nos currículos, de problemas abertos com temáticas contemporâneas intensamente caracterizados por fatores científicos e tecnológicos, porém sem perder a vinculação com saberes da vivência dos educandos. Desse modo, enculturação científica, cultura de participação e curiosidade epistemológica andam lado a lado. E como ficam, então, os conhecimentos científicos nesse processo? Nesse caso, eles deixem de ser um fim em si mesmos e passam a mediar a compreensão de temas e problemas de relevância social.

Muitas vezes, ao nosso ver, a investigação temática tem potencial para acontecer nas escolas, porém é desencorajada pela estrutura curricular vigente que deve ser seguida, com conteúdos gerais e de pouca identificação local, e deste modo tende a aprisionar o processo de ensino-aprendizagem. Uma possível saída para esse problema seria a parte diversificada da BNCC (disciplinas eletivas e trilhas), que permite a estruturação de investigações temáticas mais próximas ao que pressupõe Paulo Freire.

Apesar do contexto brasileiro vir começando a voltar os olhos para o PLACTS, Roso e Auler (2016) indicam que o movimento ainda tem sido ignorado no hemisfério norte. Nesse sentido, uma aproximação com Paulo Freire poderia favorecer uma disseminação do pensamento CTS na Europa e América do Norte, visto que o pensador goza de prestígio entre os ciclos acadêmicos dessas regiões.

Schwan e Santos (2021, p. 6), com base em Auler (2006), sinalizam três categorias que aproximam PLACTS e Paulo Freire: “currículo estruturado em torno de temas/problemas reais; dimensão interdisciplinar no enfrentamento desses temas/problemas; busca da democratização de processos decisórios”. Chama-nos atenção a associação feita entre tema e problema, que da forma como está apresentada parecem ter a mesma importância ou dimensão, ou ainda serem sinônimos. Tal associação não é encontrada em Auler (2006), tampouco em Strieder e Kawamura (2017), que distinguem tema de problema quando se referem a controvérsias.

Parece-nos que “tema” na realidade remete a algo mais amplo, enquanto problema tem um escopo mais restrito, de modo que dentro de um tema/temática pode haver diversos problemas. Este é o caso da situação trazida por Santos e Mortimer (2002), ancorados em Towse (1986) e Bybee (1987), que listam os temas mais corriqueiros na educação CTS a nível global. Um tema em comum entre os trabalhos é “recursos minerais” (mais amplo), que no contexto brasileiro é discutido com bases nos problemas relacionados à exploração de recursos naturais nacionais por empresas multinacionais e à privatização da Companhia Vale do Rio Doce e da Petrobrás (mais restritos), que de certo modo continuam relevantes.

Em sinergia, tem-se o trabalho de Roso e Auler (2015) que investigam, a partir de referenciais como PLACTS, CTS e Paulo Freire, como se estruturam e se definem currículos em práticas de ensino com enfoque CTS. Os autores classificaram os temas em quatro conjuntos: temas amplos de escala global, como água e poluição; temas constituídos por situações-problemas vinculadas a questões ambientais, como aquecimento global; conceitos tradicionais da Física, a exemplo de difração e energia; produtos oriundos de processos industriais e/ou naturais, tais como descarte de pilhas e cachaça. Os dois primeiros conjuntos (escala global e situações-problema) são considerados temas com significado social.

Notamos aqui que os temas categorizados não se enquadram no que é preconizado por Paulo Freire, ou seja, não partem de uma realidade local para um contexto global e não há um apontamento de que têm sido exploradas situações-problema do tipo contraditórias. De modo mais amplo, Strieder e Kawamura (2017, p. 40) apontam que uma das formas de abordagem da participação social na educação CTS remete ao “reconhecimento do tema e suas relações com a ciência e tecnologia”.

O fato, constatado por Rosa e Auler (2016), de que há um aumento de práticas educativas centradas em temas nas abordagens CTS no Brasil é enfatizado como um avanço pelos autores que, em contrapartida, tecem algumas críticas, como a falta de reflexão sobre as relações dessas práticas com os conteúdos levados à sala de aula. Em síntese, não há uma grande estruturação nos currículos e os temas são selecionados conforme esses conteúdos, o que termina por fomentar uma imagem neutra de CT. O estabelecimento de temas centrados no contexto da comunidade seria o meio de superar esse obstáculo, no âmbito da articulação Freire-CTS.

Essa articulação Freire-CTS é a já referida interdisciplinaridade ao tratar temas e/ou problemas, que não deve partir de uma única visão, restrita a um só campo disciplinar (Rosa; Auler, 2016). Outro ponto em destaque entre a articulação CTS-Freire é “busca da democratização de processos decisórios”, que tem relação com a cultura de participação, especificamente em relação às políticas públicas, “na definição de objetivos, meios para alcançá-los e maneiras de controlar sua implementação” (Strieder; Kawamura, 2017, p. 47), que na gênese do movimento CTS está relacionada “a defesa de processos decisórios mais democráticos em detrimento de modelos tecnocráticos de tomada de decisões”, conforme Rosa e Auler (2016, p. 372). Para os autores, essa discussão encontra apoio no PLACTS, que amplia o entendimento limitado de participação social, estendendo a agenda de pesquisa além do “pós”, ou seja, ao invés de buscar reciclar o lixo produzido, encontrar-se-á meios de diminuir quanto lixo é produzido e como torná-lo menos agressivo ao meio ambiente. Pensando no campo educacional, o PLACTS encontra apoio em Paulo Freire, pois tais interferências nas agendas de pesquisa podem partir das escolas que investem na investigação temática, modificando seus currículos.

A abordagem do “problema” aparece quando se discute currículos, aspectos epistemológicos e estratégias de ensino no enfoque CTS, apontam Santos e Mortimer (2002). A nível dos currículos, os autores mencionam que um tema inerente a ciência e tecnologia deve abranger um problema ao qual múltiplas possibilidades, crenças e valores possam ser associadas. A nível conceitual, um problema controverso é um dos critérios para identificar um tema relacionado a ciência e tecnologia. Outro é possuir relevância social, fazendo uma relação com Paulo Freire (1996). Estes autores sugerem partir de uma situação local para analisar determinado problema nacional e/ou regional, e ao fim, articular a realidade local ao contexto global.

No domínio conceitual da ciência, Santos e Mortimer (2002) evocam o caráter provisório das teorias científicas como questão de suma importância para fazer com que alunos compreendam que um “problema” pode ser resolvido por duas ou mais alternativas. Ainda reforçam as limitações da ciência e da tecnologia para resolver problemas sociais. Desse modo, os autores discorrem que faz parte da visão científicista acreditar que os problemas de cunho social podem ser sempre resolvidos com o apoio da ciência e da tecnologia. Nesse sentido cabe afirmar que nem sempre a “tomada de decisão” pode ser embasada nelas. No mais, chamam atenção para a correlação direta entre conhecimento científico e resolução de problemas, que deve ser tratada com cautela pelos currículos CTS, pois esse conhecimento em situações reais não emerge de forma objetiva e bem delimitada.

Na mesma linha, Strieder e Kawamura (2017), ao proporem as diferentes perspectivas acerca da racionalidade científica na educação CTS, incluem “abordar as insuficiências da ciência”, que tratam das limitações do conhecimento científico para entender e solucionar problemas da realidade, em virtude da complexidade do mundo real.

Assim, há um reconhecimento de que apesar do conhecimento científico apresentar “valor diferenciado frente aos outros conhecimentos” (Strieder; Kawamura, 2017, p. 36), por si só não dá conta de lidar com a materialidade do mundo, sendo, na realidade, um dos elementos necessários para o desenvolvimento da sociedade. As autoras evidenciam uma das demandas do campo CTS, que seria a busca por “novos direcionamentos para a política científica e tecnológica brasileira” (Strieder; Kawamura, 2017 p. 36), que também vem sendo endereçada pelo PLACTS.

Um outro tópico de destaque está relacionado à ideia de problema, apresentado por Strieder e Kawamura (2017), como sendo definido (e não apenas influenciado) por interesses políticos, econômicos e sociais hegemônicos, e dessa forma, o conhecimento científico não é produzido apenas pelo desejo descompromissado de produzir conhecimento. Apoiadas em Urick Beck, as autoras ressaltam que as decisões sobre CTS necessitam do envolvimento de mais “esferas políticas”, porque os problemas da atualidade abrangem incertezas e riscos e não serão solucionados unicamente pela ciência. Daí a relevância de não somente “discutir problemas, impactos e transformações sociais” da CT (Strieder; Kawamura, 2017, p. 40), mas também compreender a participação social e as políticas públicas no espectro das esferas políticas, a fim de alcançar uma coletividade que promova

interferências em agendas de pesquisa, de modo a democraticamente contemplar interesses de variados setores sociais, que são de certa forma atingidos pelos produtos da CT.

No espectro das interações CTS levantadas por Mckavanagh e Maher (1982), Santos e Mortimer (2002) evidenciam os efeitos da ciência sobre a sociedade e da sociedade sobre a tecnologia. Em ambos, os problemas figuram, ao nosso ver, como ponto de interseção, pois há uma relação retroalimentativa onde problemas (e suas consequentes mudanças tecnológicas) podem sofrer influência de pressões públicas e privadas, enquanto a forma como as pessoas pensam sobre eles (e suas soluções) é influenciada pelo desenvolvimento das teorias científicas.

Como discutido na seção 5.3.1 A atividade científica e tecnológica é pautada na resolução de problemas: a visão kuhniana, Kuhn indica que as mudanças nos tipos de problemas abordados remetem a diferentes instantes da trajetória de um paradigma, com maior ou menor estabilidade, com ou sem contestação por parte da comunidade científica. Nesse sentido, ciência e tecnologia configuram início e fim de uma cadeia que tem a opinião pública como elo central e os problemas como simultâneas causas e consequências das mudanças no conhecimento produzido por esses campos.

Problemas figuram como aspecto relevante na esfera das estratégias de ensino, como apontam Santos e Mortimer (2002) que o primeiro passo a ser dado em uma sequência de ensino é introduzir um problema social, a ser debatido pelos estudantes, de modo a fomentar a capacidade de “tomada de decisão”. Nesse cenário, são levantadas variadas soluções em sala de aula, com base em conceitos científicos, seus usos tecnológicos e consequências sociais. O procedimento sugerido se assemelha às Questões Sociocientíficas até certo ponto, porém estas vão além ao desenvolver a capacidade de tomada de decisão para ação sociopolítica (ativismo).

No nosso ponto de vista, uma barreira para o PLACTS é a restrição da tecnologia a aplicação, uma concepção instrumentalista, prevalecente no imaginário social, que resume a tecnologia à criação e manipulação de artefatos, como apontam Veraszto *et al.* (2009). Os autores definem tecnologia “como um corpo sólido de conhecimentos que vai muito além de servir como uma simples aplicação de conceitos e teorias científicas, ou do manejo e reconhecimento de modernos artefatos” (Veraszto *et al.*, 2009, p. 35). Ademais, os autores chamam a atenção para um ponto muito importante: as ideias estereotipadas sobre tecnologia, corriqueiramente

propagadas em divulgação científicas e impostas de maneira indireta por parte dos experts. Estas noções errôneas trazem consigo uma presunção de neutralidade das C&T que, por sua vez, contribui com a manutenção da organização tecnocrática de sociedade. Consideramos que o modelo de transferência tecnológica é reforçado por esses estereótipos que são, da mesma forma, importados.

É no contexto de crítica ao modelo de transferência tecnológica, que surge o PLACTS (mais detalhes ver 5.2 Contextualizando o PLACTS: a perspectiva dos países dominados). Nesse âmbito, Dias e Gutiérrez (2015) ancorados em vários textos de Sunkel esclarecem que enquanto os países centrais reservarem para si a criação de novos produtos e todos os elementos necessários para fabricá-los, os países periféricos, dependendo de seu grau de subdesenvolvimento, permanecerão como consumidores, montadores ou copiadores desses produtos.

Conseqüentemente, a ciência e a tecnologia modernas não cumpriram na periferia o papel de transformação socioeconômica generalizada que tiveram nos países industrializados, tampouco contribuíram para aumentar a eficiência e a produtividade industrial. Sendo assim, não basta aumentar o volume e a velocidade da transferência de tecnologia, pois o baixo dinamismo científico e tecnológico constitui realmente um problema de natureza estrutural, fruto da relação assimétrica entre centro e periferia.

A profunda dissociação entre a natureza do desenvolvimento industrial e o desenvolvimento científico-tecnológico na periferia dá lugar a um processo de modernização dependente, que se limita a exigir tecnologias já criadas e comprovadas. Nessa incompatibilidade, diz Sunkel, está a raiz do problema. Para o autor, o empreendimento científico balizado pela estrutura corrente (voltada à reprodução de modelos dos países dominantes) apresenta caráter disfuncional e sem aplicação prática.

Como saída para a América Latina, propunha uma política preocupada com a construção de uma vocação científica e tecnológica pertinente aos ramos fundamentais da atividade produtiva nacional (Dias; Gutiérrez, 2015). O estabelecimento dessa política passa por uma reforma das relações epistêmicas dos países periféricos com os países centrais, assim como do seu sistema produtivo interno, que, ao buscar resolver seus próprios problemas, desenvolverá novas tecnologias pensadas nos interesses nacionais e passíveis de serem comercializadas internacionalmente.

Strieder e Kawamura (2017) pontuam que o desenvolvimento tecnológico é dependente do contexto social, logo sistemas ancorados em tecnologias desenvolvidas sobre uma cultura local são mais propensos a atender democraticamente às necessidades de uma população. Esta é uma das bandeiras do PLACTS. A tendência no cenário estabelecido é que a produção científica e tecnológica termine sendo condicionada socialmente, de modo a reproduzir relações dominantes na sociedade ou mesmo gerando barreiras para transformações sociais (Roso; Auler, 2016).

Em outras palavras, as tecnologias transferidas não são consideradas neutras, pois trazem consigo modelos de sociedade, baseando o desenvolvimento científico e tecnológico em uma agenda de pesquisa voltada aos países do norte (Auler, 2015). Nesse sentido, também se alinham os pensamentos de Feenberg (2002) que reconhece a não neutralidade da tecnologia, pois ela está impregnada de valores antidemocráticos oriundos da sua relação com o sistema capitalista.

O entendimento de que a transferência do conhecimento científico e tecnológico é permeada por valores importados vai ao encontro da concepção de Delizoicov e Auler (2011) de que CT se desenvolvem em um contexto espacial e temporal, sendo os problemas carregados de intencionalidade em termos de formulação e localização. Na perspectiva dos autores, tanto os problemas quanto a busca por soluções trazem consigo as intenções do cientista, que está inserido em seu próprio contexto.

Compreendemos que, tão criticado pelo PLACTS, o processo de transferência traz em sua própria denominação uma constatação de que não favorece o florescimento de uma CT com a identidade da AL, voltada a seus interesses, uma vez que o conhecimento é transferido do contexto externo ao invés de ser desenvolvido localmente.

Baseando-se nos estudos de Lacey (2006, 2010) e Rosa e Strieder (2021), podemos dizer que tais valores importados podem ser de natureza cognitiva, ou abranger um conjunto de valores, caso da chamada valorização moderna de controle (VMC). A VMC, que contempla o aprofundamento dos conhecimentos sobre a natureza e de suas aplicações, serve às instituições econômicas dominantes e, deste modo, serve aos valores propagados por elas, perspectiva que representa um obstáculo para a identificação e resolução de problemas sociais. Do mesmo modo, salientamos a importação dos valores cognitivos, em paralelo à VMC, como

protagonistas na manutenção da visão conformista, que impede o estabelecimento de uma concepção que atenda aos interesses da América Latina.

Indo além, aqui consideramos que os valores sociais também desempenham importante papel (possivelmente de maior destaque) nesse processo de importação, ou seja, a incorporação do conhecimento científico e tecnológico traz consigo uma visão de mundo que vai além do campo da CT. Do mesmo modo, Cardoso *et al.* (2020) ponderam que há articulações entre a ideia de desenvolvimento autêntico de Lacey e o PLACTS, através da valorização da participação pública na agenda de pesquisa (também destacado por Rosa; Strieder, 2015), a importância de focar em contextos locais e utilizar múltiplas estratégias – esta última vai ao encontro da ideia de estabelecimento de métodos próprios para o contexto latino-americano apresentada por Auler e Delizoicov (2015).

Do mesmo modo, os problemas possuem as características do local onde surgem, que com o passar do tempo são incorporados por outros cientistas até fazer parte dos processos criativos para solução de novos problemas, que também têm relação com o espaço e o tempo em que estão (Delizoicov; Auler, 2011). Isso é válido para certos casos, onde o paradigma anterior não é descartado pois, segundo Kuhn, em períodos de revolução científica, o novo paradigma recicla apenas o que é de seu interesse.

A produção tecnológica, em consonância, trará para si os novos pressupostos, elevando o padrão de exatidão e precisão de seus instrumentos, para atender necessidades dos novos problemas. Traçando um paralelo com o que foi debatido por Kuhn (e sobre Kuhn) na seção 3.3.1, podemos considerar que o aumento de eficiência dos instrumentos de medida se dá em um contexto de ciência normal, quando a não necessidade de contestação do paradigma vigente permite que sejam buscados problemas mais simples ligados ao aperfeiçoamento de questões ligadas ao próprio paradigma.

Assim como Kuhn e Laudan indicam que a atividade científica é, em última instância, uma atividade voltada à resolução de problemas, Delizoicov e Auler (2011) salientam a importância da espaço-temporalidade na formulação e resolução de problemas. Em consonância com PLACTS e Paulo Freire, os autores buscam apontar a relevância da sintonia entre localização de situações problema, momento histórico e a investigação temática. Os autores afirmam que a não neutralidade de CT

apresenta características referentes à gênese das demandas e das respostas aos problemas científicos, concebidas por meio dessas demandas.

Em síntese, problemas e soluções emergem em determinados contextos sociais e podem adquirir certo caráter universal quando compartilhadas por outros espaços, dentro de um mesmo paradigma. Essa universalidade ocorre de modo mais intenso com a produção advinda de países hegemônicos, dado que o empreendimento científico é orientado por valores, as demandas de localidades periféricas são vistas como de importância secundária.

A exemplo, os problemas relativos às doenças transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti* (dengue, zika e Chikungunya), que assolam países do chamado terceiro mundo (especialmente o Brasil) e nunca foram objeto de interesse científico universal. Em outras palavras, a noção de comunidade científica se baseia em uma falsa premissa de construção coletiva de conhecimento, enquanto, de fato, um diminuto e privilegiado grupo de cientistas concebe e dita o que a maioria, comum e ordinária, estuda e produz.

Para Auler e Delizoicov (2015), a maior parte dos cientistas da América Latina reproduz o pensamento hegemônico centrado na assunção de neutralidade da ciência e tecnologia. Ao nosso ver, essa falsa premissa funciona como uma prisão epistêmica para pesquisadores latino-americanos, assim os impedindo de conceber e desenvolver seus próprios problemas, métodos e soluções.

A noção de neutralidade de CT também influencia na participação social. Uma vez que a atividade científica e tecnológica é considerada neutra, tem-se a noção de que a sociedade não precisa intervir nas suas agendas de pesquisa, visto que ela mesmo e os cientistas (visão tecnocrática) são mais adequados para pensar e conceber o desenvolvimento científico-tecnológico.

Nesse sentido, Rosa e Strieder (2021) afirmam que a participação social é fundamental para a resolução de problemas, em virtude de ser “a partir dela que somos capazes de exprimir desejos, anseios e necessidades, desde um nível mais básico, como forma de pensamento individual, até no âmbito de problemas mais complexos e coletivos” (p. 4). Vale ressaltar que a criação de bases educativas e de mecanismos institucionais para a participação social são aspectos fundamentais para o controle e avaliação do desenvolvimento científico-tecnológico por parte da sociedade (Linsingen, 2007).

Dias e Dagnino (2007) discutem a política científica e tecnológica do Brasil sob três óticas que emergem como uma resposta à concepção linear de desenvolvimento científico e tecnológico, sendo uma delas o PLACTS. A visão linear, vigente, considera que mais ciência resulta em avanços tecnológicos, o que seria o bastante para suportar avanços na sociedade, obtendo assim uma relação direta de causa e efeito entre produção científico-tecnológica e desenvolvimento socioeconômico. Em contrapartida, para o PLACTS, a política científica e tecnológica (PCT) deve agir sobre os elementos do contexto determinante, representados pelas barreiras estruturais historicamente construídas, como as relações de dependência (interna e externa) e má distribuição de renda.

A PCT defendida pelo PLACTS orbita em torno de um projeto nacional de desenvolvimento dos países latino-americanos e tem em seu cerne a superação de tais barreiras. Um projeto nacional vinculado a uma demanda social serviria, então, a avanços científicos e tecnológicos. O PLACTS busca se contrapor à visão linear que confia cegamente no mercado, à medida que reconhece o papel do Estado como promotor de mudanças, apontam Dias e Dagnino (2007). A crítica do PLACTS não é direcionada à essência do capitalismo em si, mas se estrutura de modo a propor meios de mitigar as consequências negativas desse modo de produção.

Uma outra forma de tratar dessas questões é sob a ótica da autonomia dos cientistas. Nesse sentido, Oliveira (2011) ensaia uma distinção entre três formas que a autonomia da ciência foi assumindo no decorrer histórico: a galileana (ou metodológica), a vannevariana (ou programática) e a neoliberal. O autor defende que a autonomia neoliberal deve ser descartada, por direcionar determinadas agendas de pesquisa, diminuindo o alcance, sendo tendenciosas, além de comprometer a transparência das pesquisas (patentes) e por fazer lobbies.

Tal autonomia neoliberal, salientam Dias e Gutiérrez (2015) com base em Sunkel, orienta uma relação anômala entre a indústria e a Universidade na América Latina. Os autores evidenciam que coexistem na região um sistema industrial dependente de tecnologias e patentes estrangeiras e um sistema universitário que forma profissionais e técnicos, sem maiores perspectivas de aplicar seus conhecimentos na indústria nem de desenvolver suas capacidades de criar e inventar novas técnicas e produtos.

Dias e Gutiérrez (2015) apontam, ainda, que, para atender o que era preconizado por Sunkel em consonância com outros pensadores do PLACTS, a

universidade deveria passar a adotar uma postura crítica perante o conhecimento advindo dos países industrializados sem, entretanto, negar suas contribuições. Em suma, o cultivo de uma base intelectual autóctone significa absorver o que é produzido externamente, sem reproduzir seus modelos de forma acrítica e descontextualizada. Assim como para a universidade, é imprescindível que a pesquisa, de modo geral, esteja vinculada aos anseios da sociedade, se estendendo a todos os ramos da cultura (ciência, tecnologia, valores e arte). Sunkel propõe a promoção de espaços de discussão sobre os resultados das pesquisas, abrindo os processos de geração de conhecimento para o debate social, dentro do contexto das já mencionadas reformas mais amplas.

Uma prova que o PLACTS pode trazer avanços a visão do hemisfério norte sobre o campo CTS é o caso de alguns cientistas que saem dos países periféricos e triunfam em países dessa região. Eles têm as condições intelectuais, mas não as condições estruturais e financeiras para desenvolver suas pesquisas e, quando encontram espaço em grandes centros, se desenvolvem de forma exponencial. O problema é que o fazem, não apenas dentro de um sistema global, mas de dentro de centros que se localizam nesses países, o que, de fato, não representa alguma emancipação.

Em contraste, pode ser entendida como uma exportação de mão-de-obra produzida no Brasil (fuga de cérebros), situação que remete também o papel do Brasil para a Europa e o nordeste para os estados do sudeste e centro-oeste com escravizados, porém sob a roupagem de um processo livre e democrático onde os trabalhadores são extremamente qualificados. Entretanto, não podemos considerar esse processo como livre, se essa é a única opção que o cientista encontra para desenvolver suas pesquisas e, na maioria dos casos, deve se submeter aos interesses de agências de fomento e empresas desses países que, obviamente, trazem consigo valores e priorizam problemas de interesses dessas comunidades hegemônicas.

Com base nas discussões tecidas, é possível sumarizar que, para o pensamento latino-americano, os problemas atribuídos a ciência e tecnologia apresentam alguns requisitos:

- 1) Tem que ser de origem local (nesse caso, têm importância os problemas que ocorrem e que são do interesse da América Latina);

- 2) Precisam levar em considerações os condicionantes socioeconômicos dessa região;
- 3) Devem apresentar relevância social;
- 4) Expressam as contradições sociais dessa região;
- 5) Buscam por soluções práticas;
- 6) Podem interferir nas agendas de pesquisa, nas políticas públicas e científicas e tecnológicas;
- 7) Devem ser construídos com base na participação da comunidade;
- 8) Buscam atender a um projeto de desenvolvimento nacional voltado à superação das mazelas da região e sua busca por autonomia;
- 9) Seus avanços devem ser compartilhados e estar sob constante escrutínio da sociedade;
- 10) Sua resolução representaria avanços científicos e tecnológicos não buscados, logo não alcançados, pelos países centrais.

### 5.3.3 A resolução de problemas como uma prática social: Karin D. Knorr-Cetina e o PLACTS

Em meio às teses construtivistas, Knorr-Cetina apresenta: i) a realidade é um artefato com a qual e sobre a qual os cientistas operam; ii) operações científicas estão carregadas de decisões; iii) a seleção dos temas – e ou problemas, a nosso ver, de pesquisa depende do contexto contingencial (Pessoa-Júnior, 1993). Consideramos que essas três teses se articulam de algum modo aos pressupostos do PLACTS. Neste tópico, nos dedicamos a cada uma delas e, ao mesmo tempo, justificamos os motivos pelos quais ponderamos tal premissa.

De antemão, precisamos esclarecer como estão situados os estudos de Knorr-Cetina (1981, 1983). A autora estabelece as referidas teses a partir da análise de cinco estudos de laboratório de natureza etnográfica que compõem o chamado *programa do construtivismo*. A visão construtivista considera que os produtos da ciência são, antes de qualquer coisa, fruto de um processo de fabricação (reflexivo). Desse modo, o estudo do conhecimento científico envolve principalmente a investigação de como os objetos são produzidos em laboratório, ao invés de como os fatos são apresentados em enunciados científicos sobre a natureza.

Para a formulação de suas teses, a autora enfoca nos estudos feitos por Zenzen e Restivo, realizado em Troy (TR), Law e Williams, realizado em Keele (KE), McKegney, em Burnaby (BU), Lynch, em Irvine (IR), Latour e Woolgar, em La Jolla

(LA) e, por fim, de Berkeley (BE), feito pela autora. É importante mencionar a localidade desses trabalhos, pois é dessa forma que Knorr-Cetina se refere a eles. As investigações abrangem várias temáticas científicas como bioquímica, microbiologia e tecnologia de proteínas vegetais (BE), o sistema endócrino do cérebro (LA), neurotransmissores (IR), ecologia reprodutiva de mamíferos (BU), biologia celular (KE) e a química coloidal de líquidos imiscíveis (TR). Em contraste com os estudos de Troy, Burnaby, Keele e Irvine foram desenvolvidos em universidades, os estudos de La Jolla e Berkeley foram realizados em grandes institutos de pesquisa com financiamento público.

Em sua primeira tese “a realidade é um artefato com o qual o cientista opera”, a autora nos instiga examinar por um breve momento o laboratório para demonstrar que em nenhum lugar dele existe “natureza” ou “realidade” (percebe-se que para a autora, “natureza e “realidade” são sinônimos). De fato, o trabalho do cientista consiste em excluir tanto quanto possível em vez de incluí-las (Knorr-Cetina, 1983). Segundo ela, *os cientistas operam em (e dentro) de uma realidade altamente pré-construída de artefatos*. Esses artefatos incluem livros, artigos, gráficos, instrumentos de medida, que são fruto do empreendimento humano. Outros exemplos, são as substâncias químicas/amostras que são cuidadosamente selecionadas e preparadas antes de serem usadas, além da água que passa por processos de purificação, como destilação. Fazem parte disso, também, os materiais que irão contribuir com a construção desses artefatos, como os ratos de laboratório e plantas, que são criados e cultivados de determinada forma.

Hodson (2009) se refere aos artefatos como “entidades criadas”, que seriam os materiais, os instrumentos e outras ferramentas técnicas. No entanto, para ele, os experimentos é que são representações da realidade, processados e manipulados em versões parciais das realidades, “mas do que a coisa realmente é”. Utilizando argumentos similares ao de Knorr-Cetina, mas com base em outros autores, Hodson (2009) explica que tudo no laboratório é, em alguma medida, uma construção humana: o conhecimento que os cientistas começam a construir em seus laboratórios. Já para Latour e Woolgar (1997), a realidade é artificial, constituída com o auxílio dos inscrites, “da qual os atores falam como se fosse uma entidade objetiva” (p.61). Os autores também deixam claro que apesar da realidade ser construída, ser uma consequência da atividade científica e não uma causa, não quer dizer que ela não exista.

Knorr-Cetina (1983) relata que, na ciência natural moderna, existe um caráter instrumentalmente alcançado da experiência. Amparada em outros autores, como Peirce e Habermas, a autora menciona alguns exemplos para corroborar com sua afirmação. O primeiro deles, trazido por Peirce, refere-se aos atributos científicos como inteiramente constituídos em relação a um sistema de instrumentação possível. Por exemplo, a dureza de um diamante é medida pela possibilidade de outra pedra ser friccionada contra o diamante. A profísica, outro exemplo salientado, propôs que as principais partes da física moderna são mais bem descritas como tecnologia, ou seja, como conhecimento sobre como afetar as coisas tecnicamente. De acordo com ela, Habermas referiu-se ao caráter instrumentalmente alcançado em termos do “ponto de vista transcendental do possível controle técnico” refletido na ciência moderna.

No laboratório científico, a supracitada instrumentalidade se manifesta não apenas na natureza das “coisas” sobre as quais os cientistas operam, mas também nas preocupações da ação científica, sinaliza Knorr-Cetina (1983). Para esclarecer isso, a autora exemplifica que a nossa contemplação da Lua em uma noite sem nuvens difere das “observações” dos cientistas sobre massas e composições químicas, por exemplo, pois as observações realizadas instrumentalmente interceptam os cursos naturais dos eventos. No mais, não é qualquer observação que vai levar à produção do conhecimento, os cientistas se esforçam para isso (Latour; Woolgar, 1997).

Nesse sentido, Knorr-Cetina (1983) argumenta que o “fracasso” aparece em um número considerável de tentativas, até para cientistas mais experientes, ao considerarmos pesquisas que lograram êxito frente a múltiplas adversidades instrumentais e orgânicas. Por conseguinte, “fazer as coisas funcionarem” resulta em uma seleção daqueles “efeitos” que podem ser atribuídos a um conjunto “racional” de contingências e um descarte de “tentativas” que estão fadadas a falhar em tais “efeitos”. *Portanto, é um tipo de trabalho qualificado, mas que nunca está totalmente sob controle.* Podemos salientar que é ainda mais complicado quando cientistas não têm condições materiais, financiamento, fomento da pesquisa, realidade essa comum em países periféricos, como descrito para a AL pelos pensadores do PLACTS.

Knorr-Cetina (1981) postula, segundo seus estudos de Berkeley, que a preocupação em “fazer as coisas funcionarem” (instrumentalmente) é o que encontramos no laboratório, em vez da busca pela verdade geralmente atribuída à

ciência. Neste sentido, a autora afirma que essa preocupação é que governa a ação no laboratório. É o princípio de “fazer as coisas funcionarem”, que leva ao princípio de sucesso, e não da verdade. É importante salientar que “fazer as coisas funcionarem” ou “produzir resultados” não equivale a testar seu falseamento. Mesmo o vocabulário do cientista não remete a alguma forma de verificacionismo ingênuo, pois é de fato um discurso apropriado à fabricação instrumental do conhecimento produzido no laboratório.

Latour e Woolgar (1997) consideram que o “vigor” de um laboratório não é medido pela quantidade de aparelhos que possui, mas pela forma que é concebido para atingir determinado fim. Do mesmo modo, uma mudança de um objeto ou outro não necessariamente influencia no funcionamento geral do laboratório, visto que é o arranjo geral voltado a uma necessidade específica que é mais relevante no cenário geral. Pensando na realidade de muitas universidades brasileiras, em que não se encontram muitos dos equipamentos e que o único jeito de conduzir pesquisas é através de “gambiarras”, acreditamos que muito desse “vigor” é prejudicado. A ideia de realidade como algo que é construído possibilita o reforço da identidade cultural e do modo de fazer pesquisa dos países latino-americanos, conforme advogado pelos pensadores do PLACTS.

Para a abordagem da segunda tese “Operações científicas estão carregadas de decisões”, Knorr-Cetina (1983) parte da ideia de que os produtos da ciência podem ser vistos, como fruto de um processo de fabricação que se manifesta no caráter artificial da realidade científica e na natureza instrumental das operações científicas. Mas como se dá esse processo de fabricação? Primeiramente, é preciso considerar um produto como, antes de mais nada, o resultado de um processo de produção. Isso quer dizer que o que acontece no processo de produção importa para os produtos obtidos. De outro modo, significa que os produtos da ciência devem ser vistos como *altamente estruturados internamente* por intermédio do processo de produção, independente de questões de sua estruturação externa, que se dá através de alguma correspondência ou incompatibilidade com a “natureza”.

Para Knorr-Cetina (1983), os produtos científicos podem ser vistos como construídos internamente em termos de várias ordens ou níveis de seletividade: são estruturados não apenas com relação às seleções laboratoriais, por meio das quais são gerados, mas também com relação às traduções incorporadas em tais seleções. Neste sentido, as atividades observadas no laboratório não envolvem apenas

ferramentas e materiais altamente pré-construídos, incluem também decisões e seleções. As escolhas feitas em laboratório, como determinado dispositivo de medição ou a duração de um experimento são escolhas entre meios alternativos e cursos de ação. Essas seleções, por sua vez, só podem ser feitas mediante outras seleções: são baseadas em traduções para outras seleções, os chamados critérios de decisão. A exemplo, a autora lança mão: a seleção de função estatística por um cientista em geral abrange uma escolha entre vários critérios de ajuste estatístico, bem como escolhas entre critérios como "simplicidade, "comparabilidade" ou "precisão".

De acordo com Knorr-Cetina (1983), argumentos científicos geralmente giram em torno de tais seleções de segunda ordem. Para chegar a uma decisão, precisamos de um critério de decisão ou uma tradução para uma seleção de segunda ordem. Para contestar uma decisão, nos referimos à possibilidade de seleções alternativas. Para esclarecer, a autora relata que as seleções podem ser questionadas justamente por serem seleções e envolverem a possibilidade de seleções alternativas.

Se os objetos científicos são seletivamente esculpidos da realidade, eles podem ser desconstruídos ao desafiar as seleções que incorporam. *Se os fatos científicos são fabricados na medida em que são derivados de decisões, eles podem ser desfabricados pela imposição de decisões alternativas.*

Objetos e fatos científicos são determinados pelas cadeias de seleções e decisões, respectivamente, tomadas pelo cientista ao longo de uma pesquisa, assevera Knorr-Cetina (1981). Ao considerar que objetos científicos são esculpidos a partir da realidade, podemos compreender que alterações na seleção resultarão na desconstrução de um objeto. Do mesmo modo, fatos científicos podem ser desfabricados com mudanças no curso de decisões, já que são fabricados com base nestas decisões. Ao selecionar pesquisas anteriores que serão citadas, o pesquisador está se suprimindo de ferramentas, métodos e interpretações sobre as quais serão delineadas sua própria pesquisa.

Knorr-Cetina (1983) conclui que os laboratórios científicos representam materializações das seleções científicas debatidas. As seleções científicas prévias são, dessa forma, capazes de ditar as tomadas de decisão posteriores no laboratório, o que leva a autora a apontar produtos científicos como simultaneamente impregnados por decisões e impregnadores de decisões.

Knorr-Cetina (1983), ao mencionar conclusões do estudo LA, enumera cinco tipos de enunciados (científicos): baseados em conjecturas ou especulações (tipo 1),

afirmações de um autor (tipo 2), assunções qualificadas gerais (tipo 3), “fatos” não controversos relacionados a um autor (tipo 4), informações não questionadas nem qualificadas (tipo 5). A autora destaca uma sentença na qual os autores relacionam fatos com a dispensa de modalidades relativas a um dado enunciado, sem definir o que os autores conceituam como modalidade.

Em uma edição mais recente de LA, Latour e Woolgar (1997) asseveram que os tipos de enunciado representam um *continuum*, com tipo 1 (exemplificado por “Marie disse a Pierre que a radioatividade era inerente aos elementos”) equivalente a sentenças de caráter mais especulativo e tipo 5 (por exemplo, “Há polônio no mineral uraninita. Foram extraídos elementos radioativos de amostras do mineral”) aquelas mais próximas ao fato. Ainda, os autores apresentam as modalidades como enunciados sobre enunciados. Dessa forma, entendemos que as modalidades são utilizadas como forma de apresentar enunciados de uma forma mais palatável à comunidade científica. De acordo com o que debatem Latour e Woolgar (1997), exemplificamos que sentenças como “Diz-se que a radioatividade...” ou “Estudos prévios correlacionam radioatividade e isótopos radiogênicos (referências)” não equivalem a “A radioatividade é gerada por isótopos radiogênicos”.

No mesmo sentido, Knorr-Cetina (1983) relata que LA ponderam a atividade laboratorial como uma busca perene pela gênese e aceitação de determinados tipos de enunciados, sendo o tipo 4 protagonista nesse processo, aqui exemplificado por “A descoberta do rádio, por Marie Curie e seus colaboradores, foi anunciada sob a forma de três notas em 1898 (Wirtén, 2015)”. A autora argumenta que o fato científico é construído através de uma série de operações que “transformam o subjetivo em objetivo, o inacreditável em acreditável, o fabricado em descoberta” (Knorr-Cetina, 1983, p. 122). Em seu entendimento, as ideias apresentadas coadunam com a não dissociação entre natural e social e que cientistas são convencidos a considerar certas afirmações como fatos.

Apontamos aqui uma correlação entre o debate conduzido por Knorr-Cetina (1983) e Latour e Woolgar (1997) e os preceitos dos movimentos CTS e PLACTS. Conforme discutido anteriormente, com os ECTS emergem discussões sócio-políticas voltadas às relações entre sociedade e desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico (Vaccarezza, 1998). Desde o início, o CTS advoga em favor de uma visão socialmente contextualizada do empreendimento científico (Linsingen, 2007). O PLACTS, por sua vez, vai além e salienta a relevância de discutir a não neutralidade

da CT, trazendo como uma de suas principais bandeiras a construção do conhecimento voltado às demandas da sociedade local (Galieta; Linsingen, 2021; Kreimer, 2007). A correlação entre esses debates é constituída em diferentes níveis, pois remete desde a comunicação interna à comunidade científica até o desenvolvimento da CT e suas interações entre países (centrais e periféricos, dominantes e dominados).

Ao ponderar sobre como são feitas as seleções e como são trazidas possibilidades alternativas ao cotidiano laboratorial no contexto da terceira tese (“A seleção dos temas – e ou problemas, a nosso ver, de pesquisa depende do contexto contingencial”). Knorr-Cetina (1983) registra o elevado grau de desordem (que tem em seu combate o principal foco do trabalho laboratorial) e conclui que as seleções são ocasionais e relacionados à realidade local. A autora enumera outras denominações para esta constatação (em BE, IR, LA, TR e BU) no que tange os trabalhos laboratoriais, que incluem idiossincrasias, oportunismo, indicialidade, contingências (sociais), circunstâncias, situações únicas e peculiaridades locais.

Na discussão apresentada, reside outro ponto de interseção entre o entendimento da socióloga austríaca e do PLACTS. Ao pôr no centro das discussões a importância de se estabelecer um pensamento latino-americano perante o desenvolvimento científico tecnológico, o PLACTS reconhece as peculiaridades locais da pesquisa que, porém, não é focada na resolução de problemas locais. Considerando que os pensadores do movimento apontam projetos regionais e nacionais como alternativas aos mecanismos de transferência do conhecimento oriundo da Europa e da América do Norte, podemos indicar que o processo vigente não faz jus às diferenças de seleções, escolhas e decisões e, por que não dizer, do grau de desordem entre laboratórios latino-americanos, europeus e norte-americanos. *Ao invés de aplicarmos nossas soluções peculiares a problemas que atendam aos interesses locais, pesquisadores de países periféricos buscam soluções locais para problemas importados.*

Outro aspecto relevante trazido por Knorr-Cetina (1983) são os valores contextuais que influenciam o trabalho científico que é, em última instância, não contextual. Baseado em BE, a autora considera que a localização contextual aponta os produtos da pesquisa científica como fabricados e apresentados por atores em um dado espaço e tempo, tais produtos trazem consigo interesses particulares dos cientistas e interpretações locais que são universalmente válidas.

O contexto proporciona uma tendência casual do trabalho científico, que inclui características da matéria prima que vai além do controle dos pesquisadores, como o comportamento de cobaias (ou mesmo a variabilidade natural de polônio em um mineral radioativo). Observamos que uma relação contextual mais ampla (que discuta o caráter casual da pesquisa) suporta a articulação Freire-(PLA)CTS, que tem motivado práticas educativas concebidas a partir de problemas locais identificados através da participação da comunidade.

A promoção de argumentações pautadas sobre a base do PLACTS, que considera as diferenças entre nações centrais e periféricas, pode, da mesma forma, aprofundar outras características detalhadas ao longo da exposição de Knorr-Cetina (1983). Uma dessas características da pesquisa científica são os critérios de decisão, muitas vezes apontados como universais, que guiam muitas soluções concretas, que incluem custos, viabilidade e simplicidade. Os custos em um laboratório, prossegue a autora, abrangem seus instrumentos, consumo de energia, tempo e intensidade de trabalho, riscos de saúde, por exemplo, aparecem em sua forma indicial (com sentido constante, mesmo que em vários contextos) em rotinas laboratoriais.

No trajeto da pesquisa, cientistas reajustam as metas de suas pesquisas para se alinharem às suas seleções, assim como suas seleções são readequadas para corresponder às novas circunstâncias criadas pela pesquisa, aponta Knorr-Cetina (1983). Tendo isso em mente e que as seleções se situam no tempo e no espaço, os redirecionamentos mencionados não são estranhos. A autora constata que as operações construtivas não pressupõem a adoção de critérios formais consistentes para chegar a decisões em laboratório. Eventuais consistências, concluem, são esforços individuais e não prescritivo dessas atividades.

A lógica da investigação científica pode ser considerada oportunista, segundo Knorr-Cetina (1983) e uma evidência disso é que o critério de seleção aparece a partir de definições autoestabelecidas. Apesar de possuir uma roupagem individualizada, a seleção do cientista emerge de ocasiões, que são conquistas coletivas (com pelo menos dois participantes), extravasam as paredes do laboratório e atingem os campos das relações sociais. A natureza interativa do trabalho científico, expressa através da comunicação, aparece nos trabalhos percorridos pela autora, que consideram ser representada uma conversa entre cientistas colegas de laboratório, mas que carrega e transmite em si uma série de considerações sobre o que a comunidade científica postula. As atividades dos cientistas em um laboratório são socialmente construídas

não apenas em relação às questões tratadas pessoalmente, mas também às relações “ex situ”, englobadas dentro do conceito de comunidade científica.

Comunidades científicas são diminutos sistemas sociais com limites e mecanismos de integração próprios e ordinariamente restritas a uma área de especialidade, assevera Knorr-Cetina (1983). Ancorada em Bourdieu (1975), Hagstrom (1965) e Merton (1968), a autora lança mão no paralelismo (tradicional na sociologia da ciência) entre os mecanismos de integração da comunidade científica e a evolução dos sistemas econômicos. Partindo de um sistema de competição imperfeita, passando por modelos pré-capitalistas com múltiplas recompensas até chegar ao atual sistema capitalista do mercado científico.

Knorr-Cetina (1983) procede apontando que no campo científico é encampada uma luta pelo monopólio do crédito científico, sendo cientistas caçadores e investidores da credibilidade, que é advinda de informações confiáveis (ou críveis), ou seja, enunciados dos tipos 4 ou 5. Apoiada em LA, conclui que cientistas não buscam a verdade, o seu objeto de estudo ou reconhecimento, mas sim a expansão e aceleração do ciclo produtivo de nova informação confiável, enunciados aos quais dirigir objeções torna-se cada vez mais penoso, sendo, então, a “reprodução pela reprodução” um retrato do capitalismo científico. A atividade científica é, de fato, um reflexo mais profundo dos aspectos políticos, da luta pelo financiamento, do que o processo racional de produzir dados, o que leva Latour e Woolgar (1979) a afirmarem que a qualidade da ciência produzida é reflexo de quão bom político e estrategista é o cientista.

Podemos estabelecer um paralelo entre a caracterização apresentada pelos sociólogos da ciência sobre o comportamento competitivo do campo científico e a crítica feita ao funcionamento desse sistema a nível mundial por parte do PLACTS. Como os pesquisadores de países latino-americanos estamos imersos em um sistema definido pelos autores como “capitalismo científico”, não há horizonte margem de manobra para buscar novos rumos, novos problemas de pesquisa.

Conforme bem argumentado pelos autores do PLACTS, a emancipação da região e a superação de suas mazelas historicamente construídas deve se dar através da construção de um pensamento autônomo, *pautado pela resolução de problemas de interesse social, apontados pela comunidade*. Entretanto, ao invés de se buscar atender os interesses da população local, observamos uma reprodução de pesquisas importadas para atender o que dita a comunidade científica internacional, de modo a

buscar alguma forma de se inserir nela ou, ao menos, conseguir algum tipo de validação.

As atividades científicas podem ser compreendidas como autocentradas, regidas sob um modelo hierárquico complexo, em que as redes são atividades através das quais os agentes da ciência desenvolvem relações entre fatos, coisas e pessoas, muitas vezes indo além dos campos científicos, conforme Knorr-Cetina (1983) conclui ao debater TR e KE. Uma comparação direta como o sistema econômico capitalista, assevera a autora, é limitada visto que decisões de cientistas apresentam um forte componente social, além de não serem conscientemente planejadas. Também não seria viável desconsiderar os meios adotados por decisões individuais. Uma simplificação para o que é observado na ciência, modelos de comportamento econômico “promovem reificações ininteligíveis” (Knorr-Cetina, 1983, p. 130).

Outro problema das analogias com modelos econômicos, de acordo com a autora seria a hierarquização entre cientistas-trabalhadores e cientistas-capitalistas, visto que a própria definição de capital simbólico que, se entendida como publicações e status, é comum a todos. Esse modelo de mercado científico, debate Knorr-Cetina (1983), promove uma visão internalista de ciência.

Nesse âmbito, acrescentamos que é possível tentar matematizar a produção científica, como fazem por exemplo o sistema científico-educacional brasileiro, que busca aferir o quantitativo da produção científica nacional com base em plataformas como o Currículo Lattes, o Qualis Capes e a Plataforma Sucupira. Indo ao encontro do que é discutido por Knorr-Cetina e pelos autores que alicerçam suas discussões, compreendemos que não é possível mensurar o status científico ou mesmo estabelecer uma relação direta entre o quantitativo de publicações e o impacto que um cientista (ou grupo de cientistas) exerce em um determinado nicho da comunidade científica.

Ponderamos que as variáveis (muitas não quantificáveis) que compõem o status científico são múltiplas. Inicialmente, partindo da transferência de valores, capital intelectual e simbólico (muitas vezes intencional) passada de orientador para orientando (Garcia *et al.*, 2021), passando pela cessão (ou compartilhamento) de recursos, espaço físico, projetos, contatos, que resultam em maiores números de citações e mais contatos (culminando em mais cargos e posições). A partir daí, torna-se um ciclo vicioso retroalimentativo e bem-sucedido, que provê ao pesquisador mais recursos e contatos.

Tão eficiente é a transferência quanto amplo for o capital simbólico do orientador, bem como a infraestrutura e os recursos, geralmente disponíveis em farta abundância em grandes centros de pesquisa, em sua maioria localizados em grandes centros urbanos. A aqueles que se educaram em universidades ou centros de pesquisa periféricos, contar com a própria competência e, muito mais, com a própria sorte, é o que resta para buscar seu lugar ao sol.

Outro importante ponto destacado por Knorr-Cetina (1983) é a prevalência da luta competitiva, substituindo a integração nas comunidades científicas que, na visão da autora, foram convertidas em mercados. Seriam comunidades onde capitalistas sem independência (cientistas) exploram a si próprios. No mais, o provimento dos recursos que podem ser convertidos em capital simbólico antes de serem renovados (dando continuidade ao ciclo) estão claramente ausentes da cena.

Um modelo de mercado capitalista para a ciência pressuporia, ainda, uma proporcionalidade entre produção de informação confiável e logro de sucesso (posições, financiamento, citações, reconhecimento), ao passo que a pesquisa sociológica demonstrou que não há tal correspondência. Nas palavras de KE (1980, p. 313, tradução nossa), “ver a ciência como uma busca desinteressada por credibilidade, em seu próprio modo, é tão enganoso quanto vê-la como a busca desinteressada pela verdade”.

A pesquisa científica apresenta conexões transepistêmicas, relações simbólicas que vão além do laboratório, tais quais agências de fomento, editoras, representantes da indústria, burocratas, parte administrativa, descreve Knorr-Cetina (1983). As relações de integração social não são aqui estabelecidas pelo que é compartilhado, mas sim pelo que é transmitido, ou seja, pelo que os agentes conseguem converter em algo mais (resultados se convertem em citações, que se transformam em mais parcerias e financiamentos). Nesse ínterim, é amplamente discutido que situações *ex-situ*, como financiamento, definem rumos da pesquisa. Porém, a autora considera que apresentar as agências como promotoras de certas metas é simplório, visto que projetos apresentam vários estágios de tradução e elaboração de problemas. Sobre essas elaborações, cientistas e agências de fomento negociam problemas e como convertê-los em pesquisas a serem apoiadas.

Podemos apontar que o sistema minuciosamente caracterizado por Knorr-Cetina tende a fomentar um ciclo vicioso e retroalimentativo de problemas de pesquisa

e, conseqüentemente, de suas soluções, o que está dentro do que é descrito por Kuhn durante os tempos de ciência normal, sem contestação de paradigma.

A possibilidade de buscar novos problemas, desse modo, depende amplamente do apoio provido pelas agências de fomento, visto que pesquisas financiadas por indústrias tendem a ser mais voltadas à resolução de problemas práticos e focalizados. Nesse sentido, a defesa que o PLACTS delineia em favor do estabelecimento de políticas públicas consona com a ideia de desenvolvimento de um novo pensamento científico-tecnológico, voltado ao que é caro para os países periféricos. De modo mais amplo, podemos pensar que o estímulo à exploração de problemas diversos àqueles apresentados (e muito requeitados) em países centrais tende a representar mais possibilidades de confrontar o paradigma vigente, o que de um lado pode significar um robustecimento desse paradigma e de outro a proposição de um novo, mais adequado para um maior número de situações.

#### **5.4 O que concluímos deste capítulo?**

Muitas das ações e reflexões do campo CTS advêm de diferentes visões, como da filosofia e da sociologia das ciências, remetendo à “natureza social do conhecimento científico-tecnológico em sua constituição e apropriação sociais” (Linsingen, 2007, p. 1). Essa interdisciplinaridade é essencial para o campo, pois ele depende do conhecimento de várias áreas.

O acrônimo CTS reúne diferentes correntes em contextos históricos específicos, que buscam articulações entre ciência, tecnologia, sociedade e abrangem tanto aspectos sociais que exercem influência nas evoluções científico-tecnológico, quanto as conseqüências socioambientais (González-García *et al.*, 1996). No próprio desenvolvimento da área, tivemos subsídios de autores que direta ou indiretamente colaboraram para o estabelecimento de seus pressupostos, bem como suas relações com a educação em ciências.

Críticas à imagem de benfeitora da humanidade atrelada à tecnologia começam, na realidade, antes da Segunda Guerra Mundial, porém de modo mais restrito do que nas décadas seguintes. O físico e romancista Charles P. Snow (1905-1980), em uma conferência de 1959, posteriormente publicada sob a forma de livro intitulado “*The Two Cultures and Scientific Revolution*”, pode ser considerado um dos pioneiros intelectuais do movimento CTS ao instalar o debate entre o afastamento

entre as culturas, comunicáveis, de cientistas e humanistas (Cutcliffe, 1990). Destaca-se, dessa obra, a metáfora das duas culturas de Snow por ter se tornado indelével no pensamento CTS e ser apontada por Linsingen (2007) como em retomada à época, segundo o autor, “dada a notável atualidade do tema e a sua capacidade de provocar debates relevantes das questões que envolvem as interações da ciência e da tecnologia com a sociedade” (p. 6).

Publicados três anos depois, os livros “Primavera Silenciosa” (*Silent Spring*) da bióloga Rachel Carson (1907-1964) e “A estrutura das revoluções científicas” de Thomas Kuhn, são igualmente considerados obras seminais para o movimento CTS. A primeira obra trata de riscos de inseticidas à saúde pública, abastecendo, também, movimentos ambientalistas. A segunda será discutida com mais detalhes na presente tese, porque a resolução de problemas, um ponto crucial dentro da educação CTS e de nosso interesse neste trabalho, é discutido nessa obra.

Além disso, o físico teórico e filósofo Thomas Kuhn (1922-1996) é visto como uma das figuras que contribuíram para o prevalecimento de um novo pensamento que exprimiu melhor o que a sociedade pensava sobre a ciência e a tecnologia na década de 1960, já criticadas devido a relação entre a atividade científica e tecnológica e empreendimentos, como guerras e problemas ambientais (Araújo; Silva, 2012; Auler; Bazzo, 2001; dos Anjos; Cabo, 2019; Gallegos, 2013; Linsingen, 2007).

A visão kuhniana questiona a ideia de progresso e desenvolvimento cumulativo e linear da ciência e ainda o estereótipo a-histórico deste desenvolvimento, por meio de uma abordagem histórica. Kuhn influenciou além das discussões ocorrentes na história e filosofia da ciência, o pensamento que anteviu o enfoque CTS (Auler; Bazzo, 2001). Em “A estrutura das revoluções científicas”, o autor se propõe a compreender como cientistas da natureza e cientistas sociais buscam respostas para problemas científicos, o que justifica a discussão sobre como o referido autor apresenta a ideia de problema, no sentido de entender a resolução de problemas no Enfoque CTS.

Dentre outros pensadores que foram influentes ou de algum modo confluíram para o nascimento do movimento CTS, sobressaem-se Robert Merton (1910-2003) pelo desenvolvimento da sociologia da ciência, assim como John Desmond Bernal (1901-1971) ao debater, nos anos 1930, as relações entre ciência e poder. Ainda, as concepções de Solla Price (1922-1983), que defendia uma abordagem interdisciplinar ao postular “uma ciência da ciência”, podem ser destacadas como seminais nessas discussões. Linsingen (2007) destaca, ainda, que Peter Engelmeier (1855-1941), um

dos pioneiros da engenharia profissional russa, já advogava em favor de uma formação além da técnica para profissionais de engenharia, que contemplasse a compreensão do impacto social da tecnologia.

Outra visão que tem contribuído para o campo CTS é o Pensamento Latino-Americano (PLACTS), que surge em paralelo ao movimento CTS (Galieta; Linsingen, 2021). É um pensamento que possibilita um olhar próprio para o movimento CTS, voltado para os problemas e determinações específicas da América-Latina (Lopes; Santos, 2021). Faz parte das demandas desse pensamento a inclusão das discussões sobre os rumos do conhecimento científico e tecnológico como tema e/ou problema de interesse público primordial. Adicionalmente, destacam-se as reflexões sobre a produção e transformação do conhecimento oriundo de países desenvolvidos por parte das nações periféricas, o que para o PLACTS deve orientar as políticas públicas, visando mitigar abismos socioeconômicos. A aproximação com o PLACTS pode superar uma das aporias do movimento CTS, a que remete à sua visão neoliberal ocidental, apontada por Coutinho *et al.* (2014).

Ainda, os estudos sociais da ciência têm contribuído com o campo CTS à medida que autores, como Bruno Latour, vêm sendo visitados buscando, além da compreensão do próprio campo CTS, novos rumos, propósitos e entendimentos para a educação científica e tecnológica. Nesse ínterim, destacamos a visão de Karin Knorr-Cetina, socióloga austríaca radicada nos Estados Unidos, professora da Universidade de Chicago. Uma autora até então pouco mencionada na literatura relacionada à educação CTS, Knorr-Cetina lança mão de teses incluídas no programa construtivista, que em nossa perspectiva podem elucidar e esclarecer aspectos/aporias do enfoque CTS.

Conforme argumentado pelos autores do PLACTS, a emancipação da América Latina e a superação de suas mazelas historicamente construídas deve se dar, entre outras questões, por meio da construção de um pensamento autônomo, pautado pela resolução de problemas de interesse social, apontados pela comunidade. No entanto, observa-se uma reprodução de problemas importados para atender as necessidades da comunidade científica internacional, buscando alguma forma de inserção ou validação.

Em um quadro mais amplo, Kuhn pontua que os paradigmas fornecem modelos de problemas e soluções para a comunidade científica, sendo desenvolvidos a partir de regras conhecidas. Em períodos de ciência normal, os problemas são resolvidos

por procedimentos habituais e os resultados são previsíveis. Contudo, em momentos de crise paradigmática, surgem problemas extraordinários que não podem ser resolvidos pelos métodos existentes, levando ao surgimento de novos paradigmas. Ele também aponta que a personalidade e trajetória dos cientistas influenciam a aplicação dos valores científicos, que são tanto epistêmicos quanto não-epistêmicos. Ao enfatizar a importância social da ciência, alinha-se ao movimento CTS, que questiona a neutralidade da ciência e tecnologia e defende sua relevância social.

Dessa maneira, Kuhn apresenta uma visão de problema científico como algo intrinsecamente ligado à comunidade científica e aos paradigmas vigentes, com mudanças significativas ocorrendo em períodos de crise paradigmática. A resolução de problemas é fundamental tanto para o progresso científico quanto para a educação em ciências, que deve incentivar a exploração e a inovação além dos limites dos paradigmas estabelecidos.

A atividade científica é voltada à resolução de problemas, com maior ou menor estabilidade dependendo do estágio do paradigma, pondera Kuhn. A relevância da sintonia entre localização de situações problema, momento histórico e investigação temática é destacada por Delizoicov e Auler, em consonância com o PLACTS e Paulo Freire. Problemas e soluções emergem em contextos sociais específicos, podendo adquirir caráter universal quando compartilhados por outros espaços, mas frequentemente as demandas de localidades periféricas são vistas como secundárias.

A ciência e tecnologia na América Latina devem se concentrar em problemas locais, levar em consideração os condicionantes socioeconômicos da região, apresentar relevância social, e serem construídos com base na participação comunitária. Esses problemas devem buscar soluções práticas que interferem nas agendas de pesquisa e políticas públicas, atendendo a um projeto de desenvolvimento nacional. Entretanto, a transferência de valores, capital intelectual e simbólico, e os recursos disponíveis em grandes centros de pesquisa criam um ciclo vicioso que beneficia alguns pesquisadores enquanto outros, especialmente em centros periféricos, enfrentam desafios maiores.

O PLACTS e as ideias de Knorr-Cetina sobre a ciência como uma construção social se interseccionam em diversos pontos relevantes. Ambos destacam a importância de uma abordagem crítica e contextualizada da ciência, enfatizando a não neutralidade da ciência e tecnologia e a necessidade de um desenvolvimento autônomo alinhado às demandas locais.

Knorr-Cetina argumenta que a preocupação em "fazer as coisas funcionarem" instrumentalmente é central no trabalho de laboratório, mais do que a busca pela verdade. As operações científicas são influenciadas pelos valores contextuais e pelos interesses particulares dos cientistas, refletindo as circunstâncias locais. As decisões tomadas nesse processo moldam os produtos científicos, que são altamente estruturados internamente e resultam de seleções e critérios contextuais. Além disso, a pesquisa científica apresenta conexões transepistêmicas, envolvendo relações simbólicas com agências de fomento, editoras e representantes da indústria. Esses fatores definem os rumos da pesquisa, fomentando um ciclo vicioso de problemas e soluções de pesquisa, conforme descrito por Kuhn em tempos de ciência normal.

As atividades científicas podem ser compreendidas como autocentradas, regidas por um modelo hierárquico complexo, onde as redes são formadas por agentes da ciência que desenvolvem relações entre fatos, coisas e pessoas. Knorr-Cetina (1983) afirma que, embora haja uma comparação direta com o sistema econômico capitalista, as decisões dos cientistas apresentam um forte componente social e não são planejadas conscientemente.

Portanto, reflexões em torno de problemas da pesquisa devem compor a relação de aspectos a serem problematizados no âmbito da educação científica. Mas, o que exatamente problematizar, quais seriam os propósitos orientadores dessa problematização? Esse ponto será aprofundado no próximo capítulo.

## **Capítulo 6 – Seria a justiça social um propósito da articulação CTS-NDC?**

No processo de construção dos (des)enlaces entre CTS e NDC, associado à problematização da atividade científico-tecnológica, emerge a necessidade de aprofundamentos em torno dos problemas de pesquisa e suas relações com as demandas locais, como explicitado no capítulo anterior. Outro ponto que emerge da construção dos (des)enlaces, e que está associado às ações sociopolíticas, relaciona-se à justiça social, foco do presente capítulo.

Amplamente, a formação para a justiça social vem ganhando espaço enquanto tendência de pesquisa, que tem como intuito sua abordagem de forma mais explícita e aprofundada, apontam Fernandes e Andrade (2020). As autoras afirmam que essa formação é pautada em “pedagogias da resistência”, abrangendo temáticas, como direitos humanos, diversidade, desigualdade, inclusão e democracia. De acordo com elas, Paulo Freire é um dos pensadores mais citados nesse contexto.

No espectro da educação em ciências, a preocupação com a JS não é recente, faz parte da terceira corrente da alfabetização científica (crítica), direcionada à formação sociopolítica, afirma Moura (2021). O autor sinaliza que nessa perspectiva há o reconhecimento de que o desenvolvimento científico não tem levado ao “alcance da justiça social” tampouco o bem-estar das pessoas. As mudanças climáticas, a degradação ambiental e a desigualdade social são algumas das preocupações dessa vertente, que encara a questão da JS como um propósito também político.

De antemão, podemos afirmar que a educação científica para a justiça social apresenta vários desafios relacionados à formação de professores, às práticas de ensino e aos documentos curriculares. São alguns de seus desafios: o cultivo ao respeito mútuo e à identidade cultural dos estudantes; reflexão das implicações socioambientais e éticas da CT; sensibilização quanto às desigualdades existentes, incluindo como CT influenciam/promovem essas desigualdades; capacitação para a ação sociopolítica; resolução de problemas locais inerentes à CT que beneficiem a comunidade.

No que diz respeito à educação CTS, a noção de justiça social aparece de forma recorrente, geralmente associada a temáticas com um certo caráter crítico, voltadas à ação sociopolítica. Apesar de sua recorrência, pouco aprofundamento é

dado com JS comumente apresentada como um jargão ou lema. Há certa incipiência em termos de estudos que se proponham a estabelecer bases teóricas consistentes para essa temática. Ainda, as finalidades destinadas à justiça social não são unívocas dentro desse espectro, uma vez que ora se foca em temas vinculados à base econômica ora à base cultural, contemplando desde articulações ao pensamento freiriano até perspectivas decoloniais e/ou étnico-raciais.

Para Hansson e Yacoubian (2020), a literatura de JS pode ser tomada como inspiração para NDC, ao problematizar as perspectivas ensinadas e como lidam com questões políticas, sociais, culturais, estruturas de poder e como esse ensino pode atingir e empoderar diferentes grupos sociais representados em sala de aula. Principalmente, porque é reconhecido o predomínio de uma lente neoliberal na comunicação de educação em ciências, desde a busca por um progresso comum ao desenvolvimento de habilidades para tomada de decisão alinhadas a agendas neoliberais específicas (Bencze; Carter, 2011; Hansson; Yacoubian, 2020; Selby, 2014; Yacoubian, 2018).

Diante do exposto, esta seção tem como objetivo compreender como a justiça social tem sido abordada na educação CTS e na NDC, visando uma possível articulação entre ambos. Além disso, buscamos vislumbrar direções futuras com relação aos parâmetros desses ramos da educação em ciências. Encontramos em Nancy Fraser e outros pesquisadores em JS, pressupostos que serviram de inspiração para essa investigação.

### **6.1 Princípios da justiça social para a educação em ciências**

A justiça social, enquanto área de conhecimento, é estudada sob a ótica de vários campos, como: psicologia, direito, ciências sociais, filosofia, ciências políticas, entre outros. Nesta seção, introduzimos as teorias de John Rawls e Nancy Fraser sobre JS, com maior atenção à segunda. Os autores abordam o tema sob óticas distintas. Enquanto Rawls centra-se em “ideias distributivas de base liberal” (Soares, 2021, p. 3), a partir da discussão de conceitos de equidade e redistribuição, Fraser, sob a perspectiva feminista, busca refletir acerca das tensões existentes entre as políticas de redistribuição centradas na ideia de equidade e as políticas de reconhecimento de identidades, relata Soares (2021). Assim como a autora, consideramos que a educação assume um papel importante tanto nas políticas de

redistribuição quanto nas de reconhecimento, especialmente esta última que tem sido foco de ataques por parte de reacionários, o que torna pertinentes as reflexões aqui trazidas.

Na visão de Rawls (2002), reconhecido por sua Teoria de Justiça no âmbito do liberalismo, JS tem como objeto a estrutura básica da sociedade, na qual as instituições estão ordenadas sob um esquema de cooperação. Constituem injustiças as desigualdades sociais e econômicas que não são benéficas a todos (Rawls, 2002). Nesse sentido, é necessário que as desigualdades sejam organizadas de modo a oferecer vantagens a todos, principalmente entre os desprivilegiados.

Ademais, as desigualdades devem ser vinculadas a cargos e posições acessíveis a todos em termos de igualdade de oportunidades. As desigualdades são consideradas naturais pelo pensador, porém injusta é a forma como as instituições lidam com isso. A exemplo, os investimentos na educação devem ser priorizados para os menos favorecidos visando melhorar suas expectativas em longo prazo, desde que não desassistam aos demais. Rawls entende que desigualdades extremas põem em risco a existência das democracias, visto que as desigualdades (que considera aceitáveis) resultantes de liberdades individuais no sistema liberal deveriam se manter em um nível aceitável.

Em uma democracia, indivíduos deveriam agir altruisticamente na vida pública, o que não permitiria uma extremização dessas desigualdades (Soares, 2021). As oportunidades de acesso à educação devem ser ofertadas a todos, a despeito da renda familiar e, para aqueles considerados menos favorecidos, a educação serviria como uma possibilidade de ascender socialmente (Francelino, 2022).

Em um espectro mais amplo, para Rawls (2002), a educação tem o papel de proporcionar aos indivíduos a apreciação de sua cultura e envolvimento em atividades da sociedade, os provendo de um sentimento de segurança e autovalor, que inclui desenvolver o senso de justiça.

Vale salientar que a educação não tem um lugar de destaque na perspectiva rawlsiana, lacuna explorada por Francelino (2022). Para o autor, ao centralizar a educação como uma instituição social essencial da estrutura básica da sociedade, apesar de Rawls evidenciar que a educação é um instrumento de ascensão social, ele não esclarece como as minorias (negros, pessoas com deficiência, indígenas, entre outros grupos) podem ter suas capacidades desenvolvidas e tomar parte ativamente na sociedade.

Na perspectiva de Frangella (2020), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) está alinhada à visão rawlsiana de justiça como equidade, uma vez que busca uma uniformidade baseada na normatização de objetos de ensino e aprendizagem, desconsiderando contingências específicas. Para a autora, tal perspectiva reduz espaços para a pluralidade ao buscar uma fórmula universal, através da eliminação de “conflitos, antagonismos [e] relações de poder” (Frangella, 2020, p. 11). Desse modo, indica como caminho a teoria de Chantal Mouffe, que tem no pluralismo agonístico seu cerne, abrindo espaço para a democracia através das diferenças. A mesma autora destaca a relevância de estudos que entrelacem currículo e JS, no que outros pesquisadores denominam como justiça curricular, uma resposta da educação sobre questões ligadas à justiça.

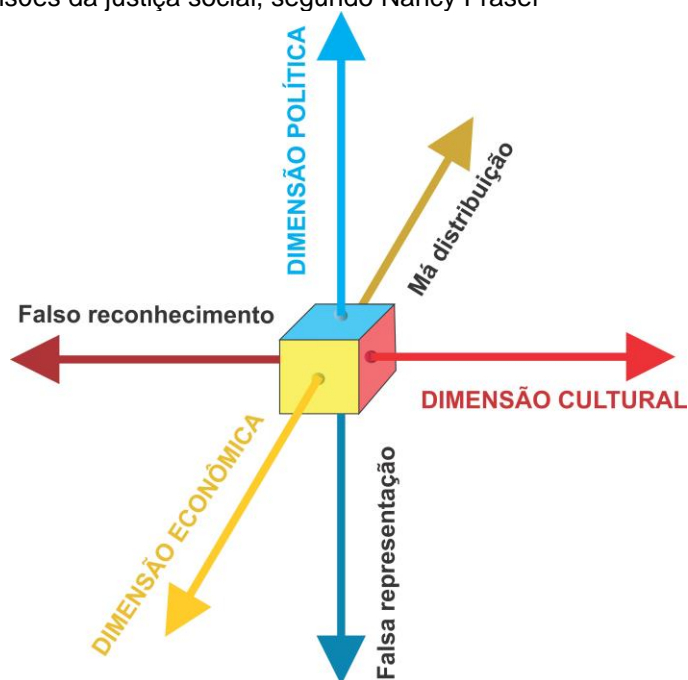
Uma outra visão de JS, alinhada à perspectiva crítica, é oferecida por Fraser (2009). Para a autora, as discussões sobre justiça vêm sendo transmutadas pelos efeitos da globalização, sucedendo o cenário da segunda metade do século XX marcado por reivindicações de ordem socioeconômica, legal e cultural. O entendimento de que decisões de estados territoriais impactam indivíduos dentro e fora de suas fronteiras catapultou debates sobre como tornar justa a ordem das relações sociais. A autora aponta questões (relacionadas à ciência e à tecnologia) que levam indivíduos a compreender que seu bem-estar depende de processos internos e externos aos estados, como a AIDS, os medicamentos, as doenças, a biopolítica do clima (aquecimento global), armas, biotecnologia e o terrorismo internacional.

O ambiente internacionalizado amplia os debates para relações que vão além dos cidadãos, redirecionando disputas para a decisão de *quem* deve ser considerado relevante, quais grupos ou comunidades devem ser notados (Fraser, 2009). Desse modo, as discussões sobre JS perpassam por abarcar a dimensão econômica (distribuição de renda, desigualdade econômica), a dimensão cultural (quem são os sujeitos relevantes) e a dimensão política da *representação*. A autora defende uma abordagem tridimensional da JS, levando em consideração tais dimensões, disponíveis na Figura 15. Para a autora, essas dimensões nos permitem sinalizar “as injustiças do mau enquadramento e avaliar possíveis reparações” (p. 26), forma mais severa da falsa representação. Isto é, alcançar a paridade de participação ou justiça social, propriamente dita.

Fraser (2009) enfatiza a importância de considerar teorias econômicas e culturalistas em conjunto, visto que o primeiro grupo tende a compreender problemas

de reconhecimento como efeito da injustiça na distribuição e o segundo caracteriza a desigualdade socioeconômica como produto da falta de reconhecimento cultural. Ao adicionar o eixo político, é apresentado o cenário onde os embates por reconhecimento e distribuição são travados.

Figura 15: Três dimensões da justiça social, segundo Nancy Fraser



Fonte: elaborada pela autora.

A política norteia quem está habilitado para reivindicar reconhecimento e distribuição adequada de recursos, além de como questões devem ser apresentadas e julgadas. A dimensão política, então, centra-se na *representação*, no pertencimento social, na decisão sobre quais comunidades são legítimas para reivindicar por justiça. Ainda, se as regras decisórias dentro de cada comunidade permitem que seus membros se expressem e participem das deliberações públicas de tomada de decisão.

Na concepção de Fraser (2009), a justiça se fundamenta em arranjos sociais que possibilitem às pessoas serem protagonistas da interação social, com paridade entre si. Os sujeitos podem ser privados do acesso às estruturas econômicas (injustiça distributiva), remetendo à dimensão econômica da justiça, ou de interações em pé de igualdade como resultado da desvalorização cultural por parte das instituições (desigualdade de status), no âmbito da dimensão cultural da justiça. Em vista disso, a autora considera que a superação da injustiça passa pela destruição das barreiras

institucionais responsáveis por impedir indivíduos de exercerem seus papéis de modo igualitário. É necessário o combate ao que denomina “mau enquadramento”, forma mais severa de falsa representação, através da contestação e revisão das configurações do espaço político.

## 6.2 Natureza da ciência para a justiça social

Justiça social (JS) pode ser estimulada pela ciência em várias dimensões, sendo a filosófica a mais relevante para o ensino de NDC, assevera Allchin (2020). Em seu ponto de vista suportado pela *National Education Association* (2017) e pelo *Center for Economic and Social Justice* (2018), JS se refere ao questionamento das disparidades em privilégios sociais e riquezas resultantes de acúmulo de poder, ao invés de igualdade de oportunidade e de acessos a recursos.

A ciência “simples e sem adornos” pode promover a JS ao inocentar pessoas acusadas injustamente, amenizar riscos epidemiológicos para determinadas comunidades, controlar riscos de natalidade ou mesmo expor disparidades político-econômicas de uma dada região. Por outro lado, a ciência pode fomentar JS ao “prover conhecimento confiável que informa sobre argumentos que tanto justifiquem ou desafiem as disparidades em privilégios, lucro e poder” (Allchin, 2020, p. 24, tradução nossa).

Natureza da ciência e JS vêm caminhando paralelamente na educação em ciências com poucas interseções, de acordo com Hansson e Yacoubian (2020) ao introduzir o livro *Nature of Science for Social Justice*, que editam. Os autores consideram que NDC e JS apresentam como características comuns a contestação ao ensino tradicional de ciências nas escolas e a proposição de novos questionamentos e perspectivas para as pesquisas em educação em ciências. Enquanto NDC confronta o ensino tradicional de ciências ao desafiar a imagem binária de ciências, JS traz como contraponto visões que problematizam características da referida ciência escolar tradicional, abrangendo como a ciência é vista e os papéis de professores e alunos (Hansson; Yacoubian, 2020).

Para Bell (2016), JS é meta, ao buscar a participação de pessoas de todos os grupos sociais de modo a atender aos interesses de todos – processo que deve ser democrático, inclusivo e respeitar a diversidade e as idiossincrasias para promover mudanças. Erduran *et al.* (2020) descrevem dois sentidos para JS detectados em

revisão de literatura. O primeiro, seria uma meta geral e uma visão para ensino e currículo. No segundo, JS relaciona-se a metas de aprendizado, com mudanças de hábitos e valores para tornar estudantes cidadãos ativos e que possam, eles mesmos, contribuir para a justiça social.

Complementarmente, Hansson e Yacoubian (2020) e Erduran *et al.* (2020) apontam como meta uma ampla igualdade (desde a social e econômica à cultural e de gênero) no ensino de ciências e na sociedade, em geral, e como processo engloba o que NDC pode somar a essa meta. Os autores enfatizam que educação científica voltada à justiça social é uma escolha política, que pode seguir múltiplos caminhos.

Dagher (2020) narra que as origens do ensino de ciências para justiça social remontam a evoluções teóricas da Educação CTS, pedagogia multicultural e teoria racial crítica. Tais orientações desafiam modelos vigentes e buscam a identificação com experiências dos alunos que possam estabelecer conexões com os currículos, no ambiente escolar. Pizarro (1998) considera que justiça social se refere a relações sociais fundadas na igualdade, o que contrasta com a sociedade norte-americana onde dominam relações de abuso de poder.

Nesse sentido, a pesquisa em educação deve buscar métodos que empoderem e incorporem epistemologias de setores excluídos. Currículos escolares de ciências e NDC tendem a marginalizar certos grupos de estudantes, o que, para Hansson e Yacoubian (2020), demanda uma ênfase na inclusão ao ponderarmos sobre porque, em quais conteúdos e como JS e NDC devem interceder. Os autores consideram que NDC no ensino de ciências, além de trazer diferentes visões, impulsiona o **ativismo** e a justiça social.

Da ampla literatura sobre questões ligadas à justiça social na educação, Hansson e Yacoubian (2020) destacam Zadjia *et al.* (2006) e Bell (2016), e elegem como característica comum dentre esta produção o reconhecimento às injustiças que permeiam a escola e a sociedade, em geral. Na mesma direção, há uma preocupação com as falhas da literatura acadêmica e das políticas educacionais públicas em abordar a marginalização de estudantes no que tange suas individualidades sociais, econômicas, culturais, de gênero, raça e sexualidade. Para os autores, trabalhar em prol da JS requer uma atitude crítica perante a educação e seus rumos. A meta primordial da JS na educação em ciências é tornar o aprendizado relevante para os estudantes, além de desenvolver suas consciências críticas e suas ações (Dagher, 2020).

No contexto da justiça social, são importantes a perspectiva crítica e a **ação social**, bem como participação e distribuição de recursos igualitárias e a participação ativa de atores sociais socialmente responsáveis e cientes de suas realidades, afirmam Hansson e Yacoubian (2020) ancorados em Carlisle *et al.* (2006) e Bell (2016). Exemplos da educação discorrem sobre a educação para emancipação e o exame dos sistemas de poder e opressão, visando mudanças sociais. A concepção freiriana de opressão é destacada pelos autores como um movimento alicerçado sobre igualdade e Justiça Social (pedagogia crítica), que defende um sistema educacional pautado no empoderamento de estudantes para se levantarem contra a opressão.

Fundamentados em uma série de autores, Hansson e Yacoubian (2020) enumeram aspectos de JS, como ampliar a participação de mais grupos de estudantes, especialmente aqueles tradicionalmente menos beneficiados pela ciência, e emponderá-los para portar-se em sociedade, com base no ensino e aprendizado de ciências. Ainda, mencionam os desdobramentos para o ensino de ciências da pedagogia crítica e sua busca em promover mudanças na sociedade, da ecojustiça e ativismo e do “poder cultural” no âmbito da educação em ciências.

Em relação a proposições curriculares e abordagens que relacionam JS e ensino de ciências, questões sobre alimentação, poder nuclear, ciências ambientais, diferenças individuais, valorização de conhecimentos indígenas e controvérsias sociais e ambientais são listadas como alternativas por Hansson e Yacoubian (2020). Adicionalmente, apresentam autores que advogam pela JS como moldura para a formação de professores, abrangendo pedagogias orientadas a justiça, educação ciência transformativa e como forma de instrumentalizar os estudantes.

Os focos apresentados por pesquisadores que propõem justiça social relacionada ao ensino de ciências são variados, abrangendo desde a desigualdade no ensino de ciências ao município dos estudantes para aplicar ciências como ferramentas para agir em questões sociais, que podem partir de diferentes visões políticas e ideológicas (Hansson; Yacoubian, 2020).

Para Hansson e Yacoubian (2020), os debates de NDC para JS, aprofundados no volume que introduzem, devem apresentar uma relação dialógica entre as pesquisas dos dois campos e os três questionamentos fundamentais: por que educação científica voltada a JS aborda NDC? Como a ciência escolar pode abordar NDC para JS? Quais conteúdos, habilidades e atitudes de NDC embasam o ensino

voltado a JS? Os autores ainda indicam metas que podem ser exploradas sob diferentes vieses para responder os “porquês” citados. São elas: problematizar noções de ciência, compreender para quem a ciência e a educação em ciências são voltadas, empoderar estudantes na sociedade. Tais metas também podem ser articuladas à educação CTS.

A problematização do poder e do status especial que é atribuído à ciência, tanto na sociedade quanto na escola, e como as pessoas se posicionam nessa questão, é enfatizada pelos estudos sobre justiça social, de acordo com Hansson e Yacoubian (2020). Os autores depreendem que enquanto NDC pode indicar como noções de ciências podem ser ampliadas, indagadas e desafiadas no ensino de ciências, a literatura de JS pode canalizar esses debates.

Alinhada à JS, NDC problematiza a noção de uma ciência neutra, sem valores e objetiva, descrevendo-a como um empreendimento humano imerso em valores culturais e sociais, desde as listas de Lederman (2007), às considerações sobre cultura, sociedade e estruturas de poder na produção do conhecimento científico apresentadas por Allchin (2013) e Dagher e Erduran (2016), conforme apontam Hansson e Yacoubian (2020). Os autores destacam a importância de discutir as consequências do discurso filosófico nos valores perante as ciências, como objetividade e confiabilidade.

Allchin (2020) reverbera críticas que já teceu às listas consensuais em publicações anteriores (4.4 Natureza da ciência: das abordagens teóricas à incipiência de práticas) e defende a *Whole Science* para alfabetizar cientificamente cidadãos, visto que foca em todo o alcance da ciência “dos tubos de teste ao YouTube, dos balcões de laboratório aos balcões dos tribunais, do sítio no campo ao sítio eletrônico, do livro de laboratório [*lab book*] ao Facebook” (p. 26, 35, tradução nossa).

O filósofo destaca e fornece exemplos de casos sobre características de NDC relevantes para discussões sobre JS, como dependência epistêmica, expertise, credibilidade e credenciais científicas; papel da comunicação científica, incluindo conflitos de interesse; incertezas científicas; erros científicos associados a vieses de gênero, raça e classe; além de fontes de financiamento de pesquisa e seus vieses. No mesmo viés, Dagher (2020) considera que visões holísticas de NDC apresentam maior potencial para embasar elocubrações no contexto de uma agenda por igualdade e justiça social, quando comparadas a abordagens extremamente focadas em enunciados epistêmicos.

Hansson e Yacoubian (2020), embasados em diversos autores, apontam a necessidade de considerar no ensino de NDC os limites da ciência, o que possibilita a interseção com outras visões de ciência em sala de aula. Visões de ciência divergentes, geralmente restritas a um estreito terreno que explora as relações ciência-religião, tendem a se limitar à discussão do cientificismo, levando os estudantes a uma errônea associação entre ciência e cientificismo. Pesquisas de NDC que buscam interagir conhecimentos indígenas com aqueles estabelecidos pela cultura ocidental, através de uma perspectiva decolonial, constituem uma importante área na educação em ciências com uma perspectiva menos restritiva.

A ótica neoliberal prevalece na comunicação do campo da educação em ciências, conforme apontado por pesquisas voltadas a essa temática. O neoliberalismo está entranhado na busca por um progresso comum à construção de habilidades focadas em tomada de decisão enquadradas em agendas neoliberais específicas (Bencze; Carter, 2011; Hansson; Yacoubian, 2020; Selby, 2014; Yacoubian, 2018). A perspectiva de justiça social, segundo Hansson e Yacoubian (2020), pode contribuir para NDC ao problematizar o modelo de ensino de ciências vigente e como aborda aspectos políticos, socioculturais e estruturas de poder e ao oferecer possibilidades de como pode representar e empoderar variados grupos sociais.

A falta de representação, que resulta na marginalização de diversos grupos – no caso do Brasil especialmente não minoritários, salientamos aqui – resulta de múltiplos aspectos asseveram Hansson e Yacoubian (2020), sendo as imagens estereotipadas de ciência e cientista os mais aludidos e debatidos no universo de NDC. Esses padrões podem perpetuar modelos ocidentais excludentes, que podem ser atenuados com o ensino de NDC voltado à construção de um ambiente escolar mais inclusivo, apontam os autores. Aspectos presentes nas discussões de JS, como questionamento e problematização de imagens, tradições, valores e hábitos sinalizam novas perspectivas para pesquisas de NDC, aprofundando debates sobre questões étnica, de gênero, ideológicas e diferentes visões de mundo (Hansson; Yacoubian, 2020).

Uma miríade de perspectivas em ensino de ciências tem se debruçado sobre a ciência para cidadania, exemplificados por campos como CTS, CTSA e QSCs, sendo as últimas mais frequentemente mencionadas como voltadas ao empoderamento de estudantes para tomada de decisões em questões sociais, com uma moldura

democrática, segundo Hansson e Yacoubian (2020). Os autores destacam que embora haja alguns poucos exemplos que entrelaçam abordagens NDC em um currículo orientado ao ativismo e às QSCs, ainda há a necessidade de pesquisas dedicadas a elocubrações sobre como o relevante o papel de NDC deve ser interpretado para JS – quais conceitos, como o ensino deve se parecer para empoderar os estudantes.

Sobre as relações com o modelo de tomada de decisão dominante, Yacoubian (2018) destaca que ele apresenta um viés predominantemente neoliberal, que tende a perpetuar desigualdades. Em contraste, o ensino (de ciências) voltado à justiça social (JS) advoga por relações sociais embasadas em igualdade, com representação e empoderamento de diferentes grupos (marginalizados) das comunidades, conforme Bell *et al.* (2016), Dagher (2020), Hansson e Yacoubian (2020) e Pizarro (1998).

Allchin (2020) aponta a *Whole Science* como uma abordagem que contribui para a justiça social, pois permite uma compreensão ampla da episteme através de lições em NDC concretamente integradas a práticas de sala de aula, centradas na discussão de casos históricos e contemporâneos (medicinas tradicionais, energia nuclear, craniologia, dicotomia de direitos de gêneros etc.). Em contrapartida, Dagher (2020) e Erduran *et al.* (2020) advogam pelo uso da *Family Resemblance Approach* - FRA como base para ensino de NDC com uma agenda ligada a JS, visto que consideram que cobre amplos aspectos, além de haver convergências de objetivos entre a abordagem e as preocupações dos pesquisadores de justiça social.

Dagher (2020) relaciona aspectos contrastantes entre os principais estudos de NDC e JS que poderiam ser modificados para compatibilizar os dois campos de modo mais efetivo. Por exemplo, enquanto NDC se volta ao ensino geral e JS aos grupos diversos e sub-representados, ensino de NDC para JS foca-se em populações vulneráveis e no geral. Do mesmo modo, conexões de NDC são cognitivas e epistêmicas, de JS são culturais e pessoais, ao passo que NDC para JS busca situar dimensões cognitivas, epistêmicas e sociais de aprendizado em termos relevância cultura e pessoal. Ainda, a ênfase no currículo de NDC para JS combina quatro ênfases curriculares, duas oriundas de natureza da ciência (estrutura da ciência, autoexplicativo) com duas extraídas da justiça social (batalhas diárias; ciência, tecnologia e decisões).

Buscando salientar interseções entre justiça social e natureza da ciência, Erduran *et al.* (2020) expõem dois exemplos educacionais, um voltado a currículo e

outro ao ensino e aprendizagem, que ilustram como o aprendizado de NDC pode contribuir para o entendimento e alcance de metas de JS. Nesses exemplos, as autoras confrontam categorias e aspectos de ambos os referenciais em questionamentos e afirmações, propostos como motrizes para debates orientados a questões sociais.

No primeiro, são indicados enunciados que entrelaçam NDC e JS, além dos temas de sobreposição, como é o caso de uma afirmação sobre liberdade de expressão de cientistas e cidadãos, que os une pelo tema “ethos”, discutido como a categoria “ethos científico” da FRA e como categoria “liberdade” em JS. Também, a temática “respeito” pode entrelaçar a categoria de NDC “valores sociais” com “direitos humanos” de JS sob o enunciado que “estudantes entenderão que cientistas devem ter o direito de expressar suas pesquisas sem temer potenciais retaliações” (Erduran *et al.*, 2020, p. 120, tradução nossa).

No segundo exemplo, Erduran *et al.* (2020) indicam como estratégia de ensino a indagação. As autoras listam questionamentos que, mesmo ligados a tópicos sem aparente contextualização social, podem instigar debates de aspectos de NDC articulados a JS. Ao indagar quem seriam os beneficiados pela mineração em corpos extraterrestres, os sistemas financeiros mencionados na abordagem da *Family Resemblance* de NDC podem ser contrapostos às argumentações sobre a distribuição de benefícios nas comunidades. As proposições das autoras são caminhos para promover metas de justiça social, na educação em ciências através de abordagens NDC. Tais metas podem contribuir para a educação e ciência ao trazer à tona igualdade, relações de poder, produção de conhecimento nas escolas e como a ciência ocidental é excludente.

### **6.3 Em meio a crises e contradições: a justiça social é um propósito da educação CTS?**

Diante da ausência de uma referência que congregasse reflexões sobre JS e CTS, objetivando compreender como a JS tem sido abordada nesse âmbito, analisamos trabalhos completos publicados nos anais ENPEC, dos anos de 2021 e 2023. Optamos por esse período, porque entendemos que o estabelecimento do *corpus* mais próximo possível da finalização da análise dos dados propicia uma

interpretação mais atualizada e, portanto, embasa uma tentativa de identificar novos direcionamentos.

Metodologicamente, realizamos a leitura flutuante dos 175 trabalhos incluídos na linha de trabalho 8 (LT-8), intitulada “Educação CTS/CTSA e Alfabetização Científica e Tecnológica”. Destes trabalhos, selecionamos 24, cujas menções das expressões “justa”, “justo”, “justiça” se fazem presentes. Utilizamos como critério de exclusão: se não apresenta a educação CTS como um de seus aportes. No Quadro 17 estão disponíveis o título, os autores, bem como os códigos de análise dos estudos selecionados.

Quadro 17: Trabalhos selecionados no ENPEC entre 2021 e 2023

<b>Autores</b>	<b>Título dos trabalhos</b>	<b>Cód.</b>
Silva <i>et al.</i> (2021)	A crise pandêmica sob uma perspectiva (não) moderna: fatos tecnocientíficos e democracia no contexto brasileiro	1
Albuquerque e Costa (2021)	A urgência da formação humanista na Engenharia em tempos de pandemia	2
Ribeiro e Marcondes (2021)	Ações de estudantes do ensino médio do estado de São Paulo em relação à temas sociocientíficos	3
Gonçalves <i>et al.</i> (2021)	Aproximações entre a pedagogia Freireana e o Ensino de Ciências na perspectiva CTSA	4
Carvalho <i>et al.</i> (2021)	Formação de professores para a justiça social: desafios e possibilidades da elaboração de propostas de ensino de Ciências envolvendo questões raciais	5
Luz e Almeida (2021)	Dimensões de ciência e tecnologia na obra Pedagogia do Oprimido de Paulo Freire	6
Queiroz <i>et al.</i> (2021)	Educação CTS em Livros Didáticos de Biologia: sentidos e perspectivas	7
Sarmiento <i>et al.</i> (2021)	Ensinando sobre aquecimento global por meio de uma abordagem baseada em questões sociocientíficas	8
Silva e Silva (2021)	“Poluição do Rio Araguaia” como Questão Sociocientífica por meio de Estudo de Casos	9
Andrade <i>et al.</i> (2021)	Relações CTSA na formação de licenciandos/as de Pedagogia a partir de uma Questão Sociocientífica sobre desmatamento e seus impactos socioambientais	10
Almeida e Strieder (2021)	Relações Freire-CTS na problematização da atividade científico-tecnológica	11
Rangel <i>et al.</i> (2021)	Saneamento Básico Urbano: Aspectos sociofilosóficos de uma Formação de Professores com enfoque CTS/CTSA	12
Junior <i>et al.</i> (2023)	A participação social em um processo formativo de professores de ciências: articulações entre a investigação temática e a tecnologia social	13
Rodrigues <i>et al.</i> (2023)	As Questões Sociocientíficas na educação CTS/CTSA e as relações com a Alfabetização Científica: um olhar para o XIII ENPEC	14
Alves e Mendonça (2023)	As percepções de estudantes dos anos finais do ensino fundamental sobre suas capacidades para a ação sociopolítica	15

Amorim e Melo (2023)	CTS e Freire: Uma análise de redes a partir das citações	16
Barros <i>et al.</i> (2023)	Evidências científicas e valores éticos: como são articulados por estudantes para a resolução de uma Questão Sociocientífica	17
Binatto e Machado (2023)	Itinerário Formativo para a Educação Profissional de Nível Médio: um olhar a partir da Educação CTS crítica	18
Gomes e Lopez (2023)	Questões sociocientíficas no ensino de ciências: revisão da literatura nos últimos 5 anos através dos Periódicos da Capes	19
Santana <i>et al.</i> (2023)	Rio Comboios: temática socioambiental para a Educação Escolar Indígena à luz da perspectiva CTSA	20
Silva e Pierson (2023)	Problematização da realidade das transformações tecnológicas locais no contexto do ensino de ciências	21
Digner <i>et al.</i> (2023)	Perspectivas docentes acerca da Educação CTSA nos anos iniciais do Ensino Fundamental por meio das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade	22
Junior <i>et al.</i> (2023)	Questões Sociocientíficas e o caso de uma cidade às margens do Rio Doce: bases para a proposição de uma Intervenção Pedagógica com eixo na interação entre radiação e matéria	23
Mesquita e Grandó (2023)	Promoção da Alfabetização Científica e Tecnológica nos anos iniciais a partir do estudo de Controvérsias Sociocientíficas	24

Fonte: elaborado pela autora.

Para o exame do *corpus*, utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD), proposta por Moraes e Galiazzi (2016). De acordo com os autores, essa abordagem qualitativa de análise de dados permite a reconstrução de significados a partir da desconstrução, categorização e comunicação do novo. A análise possibilita reconstruções concomitantes; 1) Primeiros indícios; 2) Perspectivas de superação articuladas a outros aportes: um destaque para a articulação Freire-CTS; 3) Frentes e enfrentamentos da educação CTS: práticas para a superação de injustiças. A seguir, apresentamos um metatexto referente as categorias postas.

### 6.3.1 Primeiros indícios

Da amostra analisada, foram destacadas expressões que de alguma maneira se relacionam, com maior ou menor frequência, à justiça social no âmbito da educação CTS. Esses elementos estão dispostos na nuvem de palavras da Figura 16.

Devido à frequência de menções na amostra, há um destaque para a transformação social, a tomada de decisão e a democracia. A **Transformação social** (2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 24) refere-se à modificação do ambiente ou da realidade social na qual o indivíduo está inserido, bem como às “transformações científicas e tecnológicas na sociedade” (10, 2021, p. 5). Nesse

sentido, os estudantes atuam como agentes de transformação da realidade, que é dinâmica e, portanto, mutável. Nesse processo, os próprios estudantes são transformados e passam a se enxergar como atores de suas histórias, tornando-se sujeitos emancipados (2, 4, 7, 12, 16, 17, 18), embora não fique muito claro o que seja “**emancipação**” nesses trabalhos. Podemos aludir, com base na amostra, que a alfabetização científica é vista como uma ferramenta para a emancipação (humana, social ou política), assim como a educação como um todo.

Figura 16: Aspectos vinculados à JS no âmbito da educação CTS



Fonte: elaborada pela autora. Produzido no Infogram.

A perspectiva CTS orientada para a justiça social promove o “desenvolvimento de ideias e práticas” (4, 2021, p. 4) que geram transformação. Na esfera das ideias, destaca-se a problematização das transformações científicas e tecnológicas locais, bem como de temas socialmente relevantes nesse contexto. As mudanças históricas e culturais servem como um estímulo para o levantamento de reflexões e questionamentos sobre a suposta neutralidade da ciência e tecnologia (CT). Ademais, o domínio das ideias inclui a conscientização sobre os diferentes agentes sociais que constituem a realidade, a compreensão dos conflitos de interesses envolvidos no desenvolvimento científico e tecnológico (NDC) e a superação das contradições sociais. Também, contempla o reconhecimento do papel da ciência e da tecnologia como instrumentos de manutenção do controle social pelas classes dominantes.

No campo das práticas, a “interação sociocultural entre os diferentes atores sociais” (13, 2023, p. 5) da comunidade escolar é um elemento essencial para a transformação da realidade. Alunos e professores podem vivenciar situações controversas oriundas de contextos específicos, com a finalidade de repensar a atividade científica e tecnológica na escola e para além de seus muros.

Uma das práticas que favorecem tanto as interações sociais quanto a transformação da realidade é a **participação social** em processos decisórios (2, 5, 6, 7, 11, 13, 15, 16, 18, 23, 24). Nos trabalhos analisados, a participação social apresenta a função de fomentar a atuação de minorias representativas (quando o foco é na dimensão cultural de JS) e povos empobrecidos (se o foco é a dimensão econômica de JS) no desenvolvimento de políticas públicas voltadas à ciência e tecnologia. Isso envolve reivindicar a democratização das decisões em temas sociais por meio da CT.

Por exemplo, a participação social implica a atuação em fóruns de debates e na elaboração de agendas de pesquisa para atender às demandas que são importantes para as comunidades locais. Da mesma forma, o ativismo sociopolítico (5, 8, 10, 15, 17, 19, 23) é apontado como um instrumento que potencializa a participação social, principalmente quando vinculado às questões sociocientíficas (QSC), devido à sua capacidade de estimular mudanças de hábitos, atitudes e valores.

Almeida e Strieder (2021) sinalizam que a problematização da CT ocorre via a denúncia de valores e de concepções mitificadas sobre CT. No que se refere à participação, as autoras identificam duas possibilidades enfatizadas nesse contexto: “identificação de contradições e estabelecimento de mecanismos de pressão” (p. 13) e “compreensão das políticas públicas e participação no âmbito das esferas políticas” (p. 14). Ambas remetem a dimensão política de justiça social, em consonância com Fraser (2009).

A **ação sociopolítica** (8, 9, 10, 15, 19) faz parte de uma das vertentes da educação CTSA que diz respeito à (in)**justiça socioambiental** (8, 9, 10, 14, 19), conforme a classificação proposta por Conrado, Nunes-Neto e El-Hani (2017). Na perspectiva dos autores, a justiça ambiental visa a formação de ativistas em prol de transformações socioambientais por meio de ações sociopolíticas. De acordo com 19, a justiça ambiental é uma corrente pouco explorada da educação CTS. Para 15, o ativismo equivale a ecojustiça, uma vertente da educação CTS concebida por Pedretti e Nazir (2011).

A expressão “ativismo social” é utilizada para exprimir a ideia de um ativismo que ocorre coletivamente e não de forma individual (17). Nesse domínio, a **sustentabilidade ambiental** (3, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 20) corresponde à preservação do meio ambiente, ao consumo sustentável e ao equilíbrio entre desenvolvimento científico-tecnológico e preservação. Todavia, tal desenvolvimento muitas vezes se baseia em uma lógica de fomento à competição, à propaganda, ao “aumento da produção e conseqüentemente também do consumo” (18, 2023, p. 8). Sendo assim, faz-se necessário que a educação CTS para JS busque o rompimento dessa dinâmica, que contraria os princípios da sustentabilidade. A própria noção de sustentabilidade se alinha a JS? Se sim, qual visão de sustentabilidade se alinha à JS? O que precisamos avançar?

Com base na amostra, podemos afirmar que as diversas formas de participação para a transformação social possibilitam a **tomada de decisões** individuais ou coletivas (1, 2, 3, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24) sobre problemas sociocientíficos que afetam diretamente a vida das pessoas. Esse processo de tomada de decisão só pode ser considerado *democrático* quando envolve a participação de atores duplamente excluídos da sociedade. Nesse sentido, Silva-Peña *et al.* (2017, p. 129, tradução nossa) afirmam que a “ampliação dos espaços de participação pressupõe melhorar as situações de JS, tanto do ponto de vista da perspectiva da distribuição quanto do reconhecimento”. Assim, os autores propõem uma abordagem bidimensional de justiça social, deixando de lado a dimensão política, que inclui, por exemplo, refletir sobre quem representaria esses atores duplamente excluídos da sociedade.

São muitos os fatores que influenciam a tomada de decisão, desde aspectos objetivos a subjetivos. Muitas vezes, os valores, as convicções pessoais e as preferências individuais determinam as decisões. No que se refere à agenda científica e tecnológica, é preciso mais que sentimentos ou preferências pessoais para tomar decisões, que devem ser responsáveis e informadas cientificamente. É importante frisar que essas informações abrangem conhecimentos de e *sobre* ciência. Em outras palavras, o nível de alfabetização científica das pessoas influencia na tomada de decisões relacionadas à ciência e tecnologia.

Como a tomada de decisão precisa ocorrer de forma democrática (e não tecnocrática), professores e alunos necessitam assumir um compromisso com valores democráticos (3, 13, 17, 18, 21). Nesse contexto, são considerados valores

democráticos a equidade, a justiça social, a autonomia, a cooperação, associativismo, liberdade, ética, solidariedade, sustentabilidade, individualidade e pluralidade.

Em relação à problematização da atividade científica e tecnológica no processo educacional, pode-se enfatizar, por exemplo, que tanto o conhecimento científico quanto a política são desenvolvidos em um contexto de coprodução entre estados e cidadãos, de modo a incitar um entendimento crítico sobre ciência e tecnologia em sociedades democráticas, conforme pontua o estudo 1.

Similarmente como a justiça social, a **democracia** é amplamente mencionada nos trabalhos analisados (1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24), sendo vista como um ideal ou valor a ser consolidado e fomentado em nossa sociedade. No entanto, essas investigações não se aprofundam no conceito de democracia ou no tipo de democracia desejada. De toda forma, em uma “democracia plena”, a autonomia dos cidadãos requer a superação de concepções distorcidas sobre a tríade CTS, remetendo à dimensão política de JS.

Ainda assim, destacamos a iniciativa do trabalho 1, haja vista que buscam relacionar democracia e tecnociência por meio da pandemia de COVID-19, marcada por momentos de “predisposições autoritárias e temerárias para grande parcela da população” (1, 2021, p. 7). De tal modo, a vinculação entre democracia moderna e ciência é suportada por uma cultura que tem valorizado a racionalidade científica e o pensamento objetivo. Além disso, os autores reconhecem a intrincada relação entre a ciência e os caminhos de atuação do Estado, com a academia como mediadora do conhecimento objetivo, enquanto técnicos e gestores se veem à parte da produção desse conhecimento.

Na mesma medida, Silva *et al.* (2021) enfatizam a necessidade de compreender como se dão os mecanismos democráticos em relação à articulação entre ciência e políticas públicas, apresentando possibilidades para o seu fortalecimento, como a criação de espaços de consulta pública para a deliberação de soluções via conselhos. Buckeridge (2022) relata que há semelhanças entre os métodos da ciência e da democracia. Para ele, a liberdade fomenta a produção de conhecimento e abre caminhos para que esse conhecimento seja utilizado de forma democrática, o que é crucial para o avanço de um povo. Nessa direção, a investigação 3 pontua que “ações educativas democráticas” auxiliam na superação de concepções tecnocráticas e hierárquicas nas tomadas de decisões, favorecendo os interesses da população mais necessitada. Uma alternativa é a Tecnociência Solidária, cuja

produtores atuam de forma cooperativa e autogestionária, em que os ganhos com a produtividade é apropriado por decisão coletiva (18).

Os trabalhos 12 e 18 relatam que a BNCC indica a integração de diferentes áreas de conhecimento como meio de promover uma sociedade mais justa e democrática. A JS está diretamente ligada à democracia (3, 5, 6, 12, 15, 17, 18, 22, 23, 24) nos trabalhos analisados, como exemplificado por “ações objetivas para a promoção da ACT [alfabetização científica e tecnológica] a serviço do ser humano, da justiça social e da democracia” (24, 2023, p. 6). Apesar disso, vale ressaltar que justiça e democracia possuem “valor intrínseco” e não devem ser tratadas como equivalentes, conforme apontado por Vita (2000). Para o autor, essa equiparação decorre, em parte, de uma visão competitiva da democracia, que também pode ser manifestada em interpretações modernas de democracias deliberativas. A democracia participativa é apontada como uma tendência nas pesquisas em educação em ciências e tem como princípios a ação coletiva, a participação social, pensamento crítico e o diálogo (Silva; Lima-Junior, 2017)

Rosa e Strieder (2018) destacam três dimensões dos processos democráticos da CT no contexto da educação CTS. A primeira dimensão, conhecida como interação linear e hierarquizada, pauta-se em uma organização social mais simples, onde a sociedade se beneficia passivamente da CT, remetendo à educação bancária. A segunda dimensão, chamada de dialógica, caracteriza-se por uma participação mais ativa na sociedade, em que os cidadãos se pronunciam quando necessário sobre uma tomada de decisão em relação à CT, podendo ou não ser convertida em ação.

Por fim, a participação social ampliada, que, além de considerar a dialogicidade, envolve a construção coletiva dos saberes, incluindo as histórias dos indivíduos e os contextos, abarcando propostas voltadas, por exemplo, à tecnologia social (TS) e às práticas freirianas. Uma das intenções dessas propostas é envolver os alunos em toda a esfera educacional, desde o currículo até a gestão escolar.

Sobre a TS, o trabalho 2 evidencia a necessidade de democratizar os processos tecnológicos para favorecer a integração de atores sociopolíticos e científico-tecnológicos nas mais variadas instâncias da tomada de decisão. Enquanto 21 ressalta que os valores democráticos devem ser estendidos à tecnologia, de modo a expandir os interesses e projetos de agendas “contra-hegemônicas”.

Na maioria dos trabalhos, a **justiça social** desponta, direta ou indiretamente, como uma das metas da educação CTS (2, 3,4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 19, 20,

21, 22, 23, 24), associando-se a uma formação sociopolítica ou para a cidadania crítica, que abrange questões como o letramento científico crítico, a transformação social, a emancipação dos sujeitos e a ação sociopolítica. Entretanto, há uma falta de clareza sobre o significado da expressão “justiça social” nesse âmbito. Da mesma forma, são escassos aprofundamentos teóricos relacionados à JS. Apenas 5, não só apresenta o que seria um conceito de JS, mas também enfatiza que tipo de justiça deseja impulsionar: “processos de justiça social, *justiça redistributiva*, reconhecimento e participação democrática” (p. 4, grifo nosso). Esse trabalho é voltado à formação de professores para a justiça social e, baseando-se em Zeichner (2008, p. 11), discute o que seria essa formação:

[...] preparar professores a fim de contribuir para uma diminuição das desigualdades existentes entre as crianças das classes baixa, média e alta nos sistemas de escola pública de todo o mundo e das injustiças que existem nas sociedades, fora dos sistemas de ensino: em relação ao acesso à moradia, alimentação, saúde, transporte, ao trabalho digno que pague um salário justo e assim por diante.

Pode-se dizer que a partir desse excerto, a JS está intrinsecamente ligada à **desigualdade social**, um vínculo presente em outras investigações examinadas (2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 18). Embora a citação mencione a diminuição, e não a erradicação da desigualdade, há uma crítica, mesmo que indireta, ao sistema econômico vigente, além de uma busca por mecanismos para romper com esse modelo civilizatório opressivo. Em um sistema neoliberal, a erradicação é improvável.

Com base na amostra, podemos estabelecer que a desigualdade social é uma questão importante no contexto da JS, considerada o problema mais urgente da contemporaneidade: “não há mudança civilizatória enquanto não lidarmos com a questão da desigualdade” (2, 2021, p. 3). Reconhece-se também que determinadas práticas ou valores que regem a produção científica e tecnológica têm acentuado, ou mesmo, causado as desigualdades sociais, uma vez que apenas parte da população usufrui de seus bens.

Em outro momento, defende-se não o rompimento com o sistema, mas um “redirecionamento político” no ensino de ciências e nas formas de produção da CT para pôr fim à desigualdade e fomentar uma maior participação social. Contudo, não podemos afirmar categoricamente que o fomento à participação social pode auxiliar no rompimento desse sistema, uma vez que ela pode estar embasada em uma lógica competitiva de democracia.

A associação da JS com a **igualdade** é aludida nos trabalhos 2, 5, 6, 11, 17, 18, 20. Neles, a igualdade é entendida como um “valor humano” (11), explorada em diferentes situações. Assim, prega-se por uma “igualdade civilizatória” (2), pela “promoção da igualdade racial” (5), pela igualdade de gênero nos esportes (17), por formas mais “igualitárias de produzir e viver” (18). Em geral, por uma educação CTS que promova uma formação para cidadania voltada a uma sociedade igualitária (20). Na sala de aula, a igualdade diz respeito à garantia de que todos os estudantes tenham as mesmas oportunidades de participação e aprendizagem.

Outros elementos estão relacionados à garantia de direitos humanos e ao bem-estar individual e coletivo (1, 5, 7, 8, 12, 15, 18, 19, 20, 24), inclusive previstos na constituição federal, como saúde e alimentação. O trabalho 17, apoiado em Valladares (2021), aponta que a ação para transformação social é viável quando a educação em ciências abandona a lógica racional e tecnicista e passar a focar na justiça e igualdade social.

**Crises** são uma das alegações identificadas em algumas investigações (1, 2, 4, 5, 8, 12, 18, 20), que de certa maneira estão associadas à justiça social, uma vez que representam um caminho para superá-las. Nos trabalhos 1 e 2, as crises mencionadas se referem à crise epidemiológica deflagrada pela pandemia de COVID-19. Em ambos, as crises são apontadas como oportunidades para a promoção de um olhar mais crítico sobre o enfoque CTS nas sociedades democráticas.

Desse modo, as crises possibilitam desde mudanças de comportamento, hábitos em nível micro a ruptura “de modelos civilizatórios opressivos, tornando-se efetivamente espaços que favoreçam a alfabetização tecnológica e emancipação social” (2, 2021, p. 4). Depreendemos, então, que a referida ideia pode ser traduzida sob a égide da justiça social. A reflexão de como superar as crises busca atender simultaneamente as políticas públicas, enquanto grandes corporações buscam manter seus privilégios. Embora os autores não tenham apontado, aí reside uma contradição, visto que lucros exponenciais para uma minoria privilegiada não são compatíveis com sistemas que atendem à maioria, geralmente desassistida.

Os autores do estudo 2 mencionam outros tipos de crise, como econômicas, sociais e políticas, que, associadas às crises de identidade, de classes, ambientais, éticas e morais da ciência e tecnologia, se somam ao que 4 denominou crise contemporânea, baseado em Santos (2012). Em oposição, o texto 5 chama atenção para a crise sistêmica, isto é, a crise do sistema capitalista que é transferida mais

facilmente para os países “capitalistas-dependentes” por encontrar condições mais propícias para se desenvolver. Daí a necessidade de desvelar os esquemas de dominação presentes também na educação, suportada por exemplo pelo racismo estrutural, enfoque do trabalho.

O termo “**contradição(ões)**” aparece em 6, 11, 12, 13, 18 e 21. Como eixo comum entre a maioria das investigações está a articulação Freire-CTS, o que justifica sua supracitada menção. Kronbauer (2010) apresenta o entendimento de “contradição” na ótica de Freire. Pautado em autores como Hegel e Marx, ele explica que a contradição remete à luta de consciência e à dialética. Na Pedagogia do oprimido, Freire refere-se à contradição como luta de classes, haja vista que, “na contradição, os oprimidos introjetam o opressor”. Desse modo, a superação das contradições, inexoravelmente, passa pelo despertar do espírito crítico.

Contradições sociais (11), existenciais ou oprimido-opressor (6) são apresentadas como obstáculos a serem superados e, portanto, devem ser problematizadas e apreendidas (nunca naturalizadas) nos moldes das populações locais. Nesse âmbito, a educação CTS tem o propósito de fazer com que os oprimidos, a partir de uma visão crítica, reconheçam a existência dessas contradições e almejem sua superação. Na perspectiva do estudo 6, ao se problematizar a CT, busca-se a referida concepção crítica que, em maior profundidade, acarretaria sua reorientação.

Há uma intrínseca relação entre crise e contradição no contexto do capitalismo, pois esse sistema é, em essência, “contraditório e produtor estrutural de crises”, como argumenta Comerlatto (2014). Para o autor, essa característica decorre da busca por lucro por meio da exploração da força de trabalho.

A luta por direitos da classe trabalhadora, seria, então a maneira de superação dessas condições, ao impor limites ao sistema capitalista por meio do aparato do Estado, leis e políticas públicas em favor dos trabalhadores. Um ponto que surge a partir dessa definição é a ligação da ciência e tecnologia com as contradições do sistema capitalista. Nesse caso, como a ciência e tecnologia contribuem e como podem deixar de contribuir com elas. Nas palavras de Bazzo (2008, p. 68), o desafio é “estimular o progresso científico, e ao mesmo tempo, evitar que este progresso se transformasse em perigo para a espécie humana em sua aplicação prática”. Esse desequilíbrio, assim como outros, tem gerado crises nesse sistema.

A crise ambiental, mencionada por 2, 4, 8 e 20, também chamada de “crise socioambiental”, é mais detalhada em 8. Os autores pontuam que essa crise decorre

da forma como nos relacionamos com a natureza e que seu enfrentamento deve ser pautado em uma profunda transformação ética, que demanda uma reconfiguração da identidade dos próprios cidadãos, para que possam agir em coletividade. Ulrich Beck (2010) argumenta que os riscos ambientais (poluição das águas e do ar, desmatamento, queimadas, entre outros) resultam do estágio mais avançado de desenvolvimento das forças produtivas.

Entendemos que as contradições do sistema capitalista correspondem à coexistência de condições socioeconômicas diametralmente opostas, responsáveis por abastar uns e relegar a grande maioria à penúria. Podemos exemplificar uma dessas contradições ao considerarmos que em uma mesma realidade há a fome de muitos e desperdício de alimentos de tantos outros.

Do mesmo modo, temos a oposição entre consumismo e sustentabilidade. Ainda, temos a progressiva mecanização da mão de obra, entendida como um avanço tecnológico, frente ao crescente desemprego, um claro retrocesso socioeconômico. Não menos importante (muito pelo contrário) a educação opera sobre a base de contradições nesse sistema. Como a confronto entre analfabetismo e acúmulo de informações, bem como entre negacionismo e confiabilidade científica e tecnológica. Em maior ou menor grau, essas (e outras) contradições são indissociáveis das influências que exercem e sofrem da ciência e tecnologia no tempo e espaço.

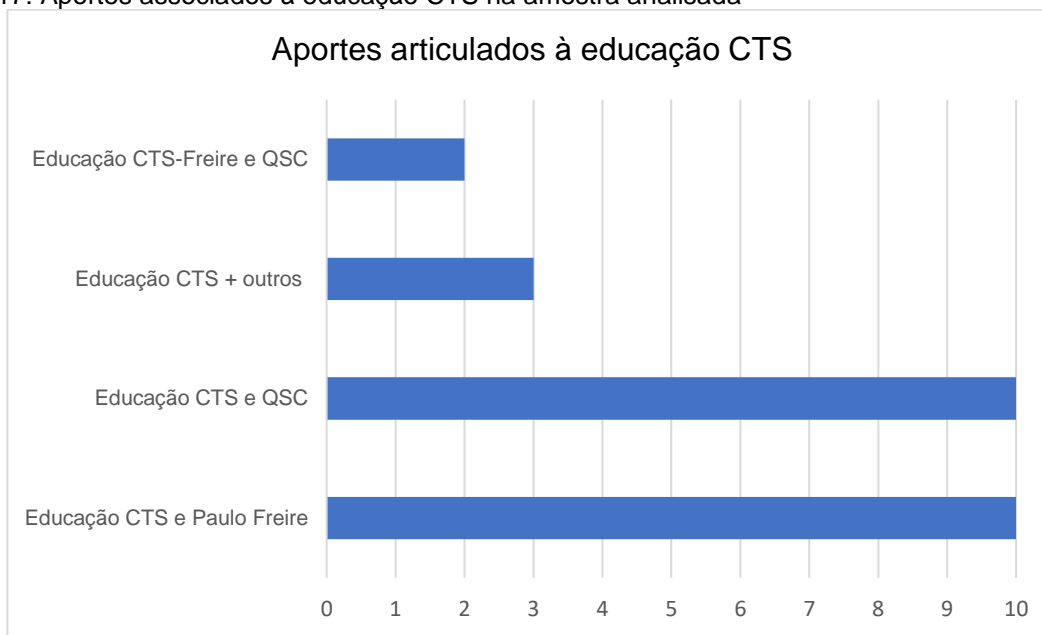
### **6.3.2 Perspectivas de superação em outros aportes: um destaque para a articulação Freire-CTS**

Podemos afirmar que o desenvolvimento da educação CTS também tem ocorrido em razão de suas aproximações com teorias e metodologias distintas. No âmbito da JS, a educação CTS tem se direcionado para outros horizontes, como paz, democracia, direitos humanos, indo além dos aspectos éticos sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia (5).

A Figura 17 exhibe as interações da abordagem CTS com outros pressupostos teórico-metodológicos em relação à amostra analisada. Há um destaque tanto para a articulação Freire-CTS quanto para a articulação CTS-QSC.

Os outros aportes teórico-metodológicos que não se destacam, apresentando apenas um trabalho cada, são: Teoria Ator-Rede de Bruno Latour (1), Equação Civilizatória de Walter Bazzo (2) e Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (22).

Figura 17: Aportes associados à educação CTS na amostra analisada



Fonte: elaborado pela autora

Considerando a justiça social um dos propósitos da educação CTS na atualidade, parece haver a necessidade do suporte de outras estratégias e/ou referenciais, sinalizada por uma limitação ou lacuna do campo. Tal sinalização é explicitamente apresentada pelos trabalhos 1 e 2, apenas. Em 1, educação CTS é associada à TAR. Com base em Silva (2014), os autores relatam que a educação CTS apresenta algumas aporias, sendo uma delas a contradição existente entre as estratégias adotadas em sala de aula e os objetivos do referido movimento, sugerindo assim a TAR para compreender as relações entre ciência, tecnologia, sociedade, ambiente. No trabalho 2, é afirmado que a educação CTS já não dá conta das necessidades da educação contemporânea por si só. Como proposta, os autores introduzem a noção de “Equação Civilizatória”, em contraposição, inclusive, a uma noção liberal de democracia.

Por outro lado, nos trabalhos que alinham educação CTS às QSC (3, 5, 8, 9, 14, 15, 17, 19, 20, 24), é reconhecido que as QSC são diretamente relacionadas à educação CTS, constituindo assim uma maneira de viabilizá-la em sala de aula. Isto é, as QSC são vistas como parte da educação CTS, uma das articulações previstas no Capítulo 1 – Primeiras aproximações entre educação CTS e natureza da ciência na ausência de contexto. Por sua vez, a articulação Freire-CTS é justificada devido à complementação ocorrente entre esses campos, por apresentarem objetivos

semelhantes e/ou conceitos que se aproximam. Um dos propósitos dessa associação é propiciar uma formação comprometida com a justiça social: “uma formação humanística para a cidadania com princípios e práticas pautadas na promoção de uma educação em ciências comprometida com a transformação social, a emancipação dos sujeitos e a justiça social” (Freitas; Ghedin, 2015, p. 19).

Remetendo à vinculação estabelecida entre JS e Paulo Freire, o pensador é mencionado na maior parte dos estudos (2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 21, 23 e 24). Essas menções apresentam diferentes níveis de aproximação com a educação CTS. A maioria dos trabalhos tem como foco a investigação da articulação Freire-CTS (4, 6, 11, 16 e 21), outros, utilizam dessa articulação para a análise de contextos pedagógicos (7, 10, 12, 13, 23).

Por fim, os trabalhos 2, 5, 9 e 24 citam brevemente a perspectiva freiriana para embasar algumas discussões, tendo a educação CTS um papel mais dominante. Ainda, alguns trabalhos relacionam CTS, Paulo Freire e QSC (9, 10, 23 e 24), sendo que apenas os trabalhos 10 e 23 usam da articulação Freire-CTS para embasar as discussões, enquanto as QSC funcionam como ferramentas aplicadas em práticas de ensino.

Como fatores sinérgicos Freire-CTS na amostra analisada, tem-se o emprego de problemas centrados na realidade dos sujeitos como mediadores das aulas e o cultivo de uma percepção social da atividade científica e tecnológica, que contribui com a necessária visão crítica para a promoção de uma educação humanística, conforme discutido por 5 e 7. Ao enxergar o mundo através de lentes críticas, são fornecidas ferramentas para preparar os estudantes para as constantes transformações do mundo contemporâneo (9).

De acordo com Santos (2012), a abordagem CTS na perspectiva freiriana é uma das vertentes da educação CTS, que não se limita a uma mera oposição à visão reducionista, mas que procura produzir um novo modelo de desenvolvimento científico e tecnológico, de racional e “excludente para um modelo voltado para justiça e igualdade social” (Santos, 2008, p. 111).

Em investigações mais recentes, a articulação Freire-CTS é interpretada como uma tendência da educação CTS, norteadas por pressupostos relacionados à apreensão e transformação da realidade a partir de uma ênfase nos elementos científicos e tecnológicos que as constitui (Almeida; Strieder, 2021). Ideia reforçada também por 4, 6, 11, 16 e 21. Realidade essa que é incerta, opressora, desigual,

racista, injusta e que “possui uma dinâmica estrutural que conduz a dominação de consciências” (Almeida; Gehlen, 2019, p. 14). Aspectos que remetem as dimensões econômica e cultural da justiça social, conforme Fraser (2009).

Ancorado em Auler (2018), o texto 6 afirma que o pensamento freiriano e a educação CTS se articulam via: busca por currículos temáticos, participação social em processos decisórios e interdisciplinaridade. Nessa direção, o trabalho 11 ratifica a participação social e o ensino através de temas como pressupostos da articulação, mas a problematização da ciência e tecnologia toma o lugar da interdisciplinaridade.

Outros pesquisadores têm buscado identificar articulações entre Freire e Educação CTS (Almeida; Gehlen, 2019; Almeida; Strieder, 2021; Auler *et al.*, 2009; Auler, 2007, 2021; Maraschin *et al.*, 2023; Nascimento; Linsingen, 2006; Santos, 2008; 2012; Zauith; Hayashi, 2013), além do PLACTS (Auler, 2021; Schwan; Santos, 2021). Desses estudos, ressaltamos Almeida e Strieder (2021), Nascimento e Linsingen (2006), Santos (2008) e Schwan e Santos (2021), pois ainda tangenciam a JS nesse contexto.

Nascimento e Linsingen (2006) relatam que algumas das propostas pedagógicas que surgem em resposta ao ensino propedêutico na educação em ciências se baseiam em ideias progressistas de educação, que são voltadas à justiça social. Schwan e Santos (2021) acrescentam o PLACTS na articulação Freire-CTS, visando propósitos semelhantes.

Na mesma linha, Santos (2008) chama atenção para uma recontextualização do enfoque CTS a partir de aproximações com Paulo Freire. A aproximação permite que a educação CTS caminhe para uma “abordagem mais radical”, não se limitando as reflexões das implicações sociais sobre a tríade CTS. Além disso, através de seus propósitos, ideais como JS e igualdade social podem ser alcançados a partir da incorporação da dimensão política. Isso inclui compreender e se conscientizar que o modelo dominante da educação em ciências reproduz “um modelo de monocultura de ciência ocidental dominada pelas elites, que privilegia uma classe política e social e que cria, implicitamente, uma agenda de *status quo*” (Santos, 2008, p. 119), o que exige também um posicionamento político do professor.

Assim, ciência e tecnologia são vistas como *instrumentos ou ferramentas* usadas pelas classes dominantes para controlar socialmente a classe trabalhadora, sendo “situações-limites que servem como barreiras à humanização, obstaculizando a percepção autêntica da realidade e sua conseguinte transformação” (6, 2021, p. 4).

Segundo o trabalho 6, cinco categorias possibilitam captar o ponto de vista de Freire na obra *Pedagogia do Oprimido* com relação à ciência e tecnologia: instrumentos de dominação e de libertação; são indissociáveis; são contextualizadas histórica e socialmente e não são neutras. Categorias que dão pistas do que carece de aprofundamentos na abordagem de ciência e tecnologia contexto da justiça social. De algum modo, podemos afirmar que a contextualização e a não-neutralidade têm sido pontuadas na pesquisa e em práticas de ensino. Contudo o aspecto libertador e dominador, contradição inerente do desenvolvimento científico e tecnológico, não tem tido o mesmo alcance dessas discussões. No mais, a indissociabilidade entre ciência e tecnologia alerta sobre a necessidade de aprofundamentos sobre a tecnociência, que representa a forma como CT vem sendo produzidas na atualidade.

Auler (2007) remete a ideia de problematização de Freire para discutir as construções histórias que culminaram em uma concepção neutra da atividade científica e tecnológica: superação do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista da ciência e tecnologia e o determinismo tecnológico. No que tange a participação, são importantes as reflexões sobre a cultura do silêncio que vai ao encontro da superação do modelo tecnocrático das decisões sobre CT.

A cultura do silêncio, de alguma forma, se aproxima da dimensão cultural da justiça social, uma vez que se reconhece que a classe oprimida, em seu estado de dominação e passividade, reproduz interesses e valores da classe opressora. Nesse sentido, o trabalho 2 relata o quão ingênuo é contar com a educação fomentada pelas classes dominantes como incitadora de uma visão crítica para as classes dominadas, que lhes proporcionasse enxergar as injustiças sociais às quais são submetidas.

A tecnologia social é aludida em poucas investigações (2, 13, 21), sendo que em 13 e 21 a TS é associada a Freire. Em 13, aproximações entre Freire e CTS são tecidas a partir de relações estabelecidas entre a Abordagem Temática e a Tecnologia Social. Dessa forma, as contradições e demandas sociais locais relacionadas à CT podem ser sinalizadas pela investigação temática e a TS pode ser um meio para superá-las. Enquanto isso, 21 concentra seus estudos na problematização das transformações tecnológicas locais por acreditar que a transformação social começa pela democratização da tecnologia e pela racionalização subversiva. Por essas questões, ambos os estudos estão ligados à justiça social, mesmo que indiretamente.

A busca por uma articulação Freire-CTS tensiona a necessidade de uma liberdade curricular no ensino de ciências, à medida em que os objetos de

aprendizagem deveriam ser requisitados ao enfrentar as injustiças sociais. Nesse sentido, Almeida e Strieder (2021) chamam a atenção para a promoção de um currículo interdisciplinar e participativo, incluindo os educandos nas decisões também curriculares. Em consonância, Nascimento e Linsingen (2006) afirmam que os materiais didáticos devem ser elaborados após o processo de redução temática. De acordo com Almeida e Strieder (2021), na articulação Freire-CTS ainda há um predomínio de temáticas definidas pelos professores, apesar de haver uma preocupação em fomentar a participação dos alunos, mesmo que de forma isolada.

Com base nos estudos focalizados na articulação Freire-CTS, a justiça social é vista como um valor humano, que aliada a reflexões críticas, pode possibilitar o desvelamento da condição humana perante os obstáculos impostos pela ciência e tecnologia. A transformação da realidade social, aspecto importante dessa articulação, envolve, entre outras questões, a compreensão das injustiças que as permeia. Também é elemento importante dessa perspectiva a preocupação sobre que tipo de visão de CT vem sendo fomentada nas práticas de ensino.

Outro ponto que chama atenção nesses trabalhos é a associação feita entre a postura do cientista, considerada muitas vezes injusta, diante dos processos decisórios envolvendo CT, que se dá via um modelo tecnocrático. A dimensão econômica de justiça social se destaca em detrimento das dimensões cultural e política, embora a articulação Freire-CTS tenha potencial de explorar as três dimensões em sua completude.

Da mesma forma, nos estudos enfocados na articulação CTS-QSC, em sua maioria práticas de sala de aula (categoria 3), as QSC assumem o potencial de promover a JS. É por meio das QSC que os alunos exercitam o diálogo e seu poder de decisão. Para isso, é preciso ter o discernimento que suas opiniões influenciam outras pessoas e suas decisões podem impactar na vida do outro.

Além disso, é necessário discutir quem, em termos políticos e econômicos, têm o poder de tomar decisões de caráter científico e tecnológico. Muitas vezes, esse poder está nas mãos de um grupo privilegiado de pessoas. Como então enfrentar e romper com essa estrutura? Há também o estímulo para a tomada de decisão coletiva.

### 6.3.3 Frentes e enfrentamentos da educação CTS: práticas para a superação de injustiças

Em relação aos trabalhos voltados à sala de aula, a educação CTS para a justiça social tem algumas preocupações gerais, como fome, miséria e desigualdade social. Destaca-se também, as fake news, principalmente em contextos negacionistas (como em 4, 6 e 24). Nesse âmbito, as QSC apresentam um enfoque multidisciplinar e são destinadas ao enfrentamento de “situações problematizadoras” que envolvem ciência e tecnologia, mas nem sempre apresentando um caráter controverso.

São considerados problemas (Quadro 18): o racismo, a questão do aquecimento global, falta de saneamento básico, queimadas (especialmente no Pantanal e na Amazônia), poluição em mananciais, desmatamento, questões de gênero, pandemias (COVID-19), entre outros. São assim, problemas de ordem social, cultural e ambiental, que podem envolver diferentes dimensões da justiça social.

Quadro 18: Práticas de ensino via educação CTS relacionadas à justiça social

Cód.	Problemas no âmbito da JS	Recurso	Dimensão de JS
3	Água, consumo de alimentos, poluição atmosférica, consumo de combustíveis, cosméticos, drogas, energia elétrica, lixo	QSC	Econômica
5	Racismo	QSC	Cultural
8	Aquecimento Global	QSC	Econômica
9	Poluição do Rio Araguaia	QSC	Econômica
10	Impactos socioambientais do desmatamento na região do Vale do Jiquiriçá	QSC	Econômica
12	Saneamento Básico Urbano: abastecimento de água, drenagem de águas urbanas, tratamento de efluentes e resíduos sólidos	MMD	Econômica e cultural
13	Diferentes realidades do espaço escolar	IT e 3MP	Econômica, cultural e política
15	Liberação do uso de máscaras em locais fechados durante a pandemia da Covid-19	QSC	Política
17	Julgar a participação de uma atleta (hiperandrogênica) na categoria feminina dos Jogos Olímpicos	QSC	Cultural
20	Rio Comboios	QSC e EA	Cultural e econômica
22	Alimentação	IRR	Política
23	Margens do Rio Doce	QSC	Cultural

Fonte: elaborado pela autora.

Na amostra analisada, predominam os problemas socioambientais (3, 8, 9, 10, 12, 20 e 23), em seguida tem-se os problemas sociais (5, 15, 22) e, por fim, os culturais (13, 17). Em 3, são abordados diversos “temas sociocientíficos” cotidianos a partir de uma consulta aos alunos, ressaltam que “aparentemente os estudantes manifestaram uma baixa adesão a atitudes coletivas e uma falta de consciência sobre aquilo que descartam e consomem” (p. 6). Da mesma forma, os estudantes demonstraram ter pouco envolvimento com associações, voluntariado e com problemas de seus bairros e comunidades. Além disso, não se preocuparam com medidas sustentáveis, como coleta seletiva. Os autores atribuem esse resultado à falta de autonomia dos estudantes dentro de casa, uma vez que são ações que ficam sob a responsabilidade dos familiares.

Da mesma forma, 15 demonstra que os alunos veem a importância de se envolver em ações sociopolíticas, mas desconhecem como realizar tais iniciativas de ativismo. Ainda, desacreditam que suas ações podem impactar nas tomadas de decisões, pois não possuem nem condições econômicas tampouco projeção política, elementos considerados essenciais para garantir autoridade para poder influenciar os demais nesses processos decisórios.

Em resumo, os alunos se preocupam com o meio ambiente e com agendas urgentes da sociedade, mas não conseguem transformar essas preocupações em ações efetivas. Daí a necessidade de fomentar o ativismo sociopolítico em práticas de ensino (5, 8, 10, 15, 17 e 23) cujo propósito é a justiça social, por viabilizar ações para além da reflexão, da argumentação e do diálogo, passos geralmente alcançados nas estratégias envolvendo QSC. No Capítulo 3 – O ativismo sociopolítico: perspectivas para a articulação CTS-NDC, pontuamos que as iniciativas de ativismo têm como uma de suas finalidades o desenvolvimento da autoestima e do empoderamento dos alunos, de modo a acreditarem que são capazes de resolver problemas.

No contexto amostral, também se destacam as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) dos conteúdos científicos (8, 9, 10, 15, 17, 23), amplamente discutidas por Conrado e Nunes-Neto (2018) e Sarmiento *et al.* (2019). A exemplo, 10 aborda, tendo o desmatamento como problema, as dimensões atitudinais através de grupos de discussão, o que a nosso ver, contrasta com as práticas do ativismo pela ausência de ações práticas.

Alguns trabalhos focalizam na problematização de QSC genéricas embora apresentem alguma ligação com o cotidiano (3, 5, 8, 12, 15, 17 e 22), enquanto outras

investigações (9, 10, 13, 20 e 23) exploram problemas vinculados às realidades locais dos estudantes.

Sobre o primeiro grupo, ressaltamos que o trabalho 5 coloca o conceito de raças como uma QSC, apontando diversas possibilidades para discuti-lo, como: apropriação cultural de saberes tradicionais, relações entre racismo na Segunda Guerra Mundial e na sociedade atual e o significado cultural do berimbau para a cultura africana. É notável que os autores enfatizam a necessidade de interligar tais questões com os conteúdos curriculares de ciências da natureza, o que é encarado como um desafio por parte dos professores, atribuindo essa limitação à fragmentação da ciência. A temática do racismo em si é considerada desafiadora devido às dificuldades de articulação com ciência e tecnologia.

Na mesma medida, 17 também possui marcante influência cultural, ao abordar questões de gênero e sexualidade como uma QSC. Nele, os alunos, assim como os professores em formação (trabalho 5) demonstraram dificuldade de vincular essa problemática com ciência e tecnologia. No caso dos alunos, a base para a tomada de decisão foi “o senso de justiça” em detrimento das evidências científicas. Ambos os aspectos deveriam ser relevantes na abordagem de uma QSC, contudo a manutenção desse equilíbrio é mais uma dificuldade à qual os professores estão expostos.

Na perspectiva de Rawls, é um dos papéis da escola desenvolver o senso de justiça, que seria “uma capacidade (ou um desejo) normalmente efetiva de compreender, aplicar e agir de acordo com os princípios de justiça” (Francelino, 2022, p. 5) em favor do bem comum. Ter senso de justiça é também se preocupar com os injustiçados. O desenvolvimento do senso de justiça também é um dos propósitos das iniciativas de ativismo (ver Capítulo 3 – O ativismo sociopolítico: perspectivas para a articulação CTS-NDC).

Apresentando uma vinculação mais costumeiramente realizada com ciência e tecnologia, o trabalho 8 trata da relação entre o aquecimento global e a agropecuária de maneira controversa, a partir da abordagem de um caso hipotético sobre o qual os alunos precisam se posicionar a favor ou contra a instalação de uma indústria agropecuária. De forma semelhante, porém mais superficialmente, 22 discute sobre as relações entre a alimentação e o agronegócio, abrangendo desde aspectos ambientais a políticos. Vale salientar que esses aspectos não são explicitamente mencionados no trabalho. O mesmo ocorre com o estudo 15, que não apresenta um detalhamento do problema abordado.

Outra característica comum aos trabalhos é a exploração de contradições, representadas pelas tensões entre agronegócio e aquecimento global ou outras questões de qualidade ambiental. No trabalho 12, o tema do saneamento básico enquanto uma QSC não é muito bem definida. Entretanto, podemos encontrar alguns elementos característicos de uma QSC nesse contexto, nos chamados “aspectos sociofilosóficos da educação CTSA”, principalmente no que tange sociedade, fatores econômicos e ambiente.

Em relação às investigações que priorizam a abordagem de problemas locais como QSC, o trabalho 9 debate uma contradição representada pelo turismo em uma comunidade ribeirinha, que resulta tanto em renda e empregos quanto em poluição, a partir de um caso hipotético elaborado pelas pesquisadoras. Por outro lado, 10 discute a questão do desmatamento no contexto local, não enfatizando as contradições do problema. Apesar disso, as autoras procuram expor situações de desmatamento legalizado, em complemento aos debates do grupo de estudantes, mais centrados nos danos causados ao meio ambiente pela remoção da cobertura vegetal. Chama a atenção que o problema é escolhido pelos participantes, seguindo alguns critérios apresentados previamente: natureza controversa do problema, relação com CT, vinculação com currículo de ciências da natureza e impactos sociais.

Em comparação com os trabalhos supracitados, 13 tem as questões locais sob os holofotes principais. Partindo de notícias locais e entrevistas com moradores, os docentes identificaram problemas sociais com maior ou menor (ou quase nenhuma relação) com CT. Destacam-se demandas sobre saneamento básico, saúde e segurança pública e questões socioambientais locais. Destes temas, o primeiro foi indicado como opção para trabalhar conteúdos de disciplinas de ciências (como vazão e taxa de consumo).

Tomando o meio ambiente do contexto do espaço escolar, o trabalho 20 buscou desenvolver conhecimentos de ciências naturais, associados a múltiplas outras disciplinas, a partir de observações de campo voltadas aos impactos ambientais registrados no rio local. Ao abordar, por exemplo, questões como agricultura de subsistência e tradições indígenas às margens do corpo d'água, os autores exploram possíveis contradições e relações CTS de forma mais ampla.

Similarmente, 23 propõe uma intervenção pedagógica relacionada a um município ribeirinho, porém desenvolvida inicialmente sobre uma QSC enfocada na dicotomia entre radiação emitida e potencial não aproveitado de energia solar para

discussão de conhecimentos de física. Em um segundo momento, sem explorar em profundidade, os autores mencionam uma segunda QSC, com temática voltada à dualidade onda-partícula. Nesse contexto, não são explicitadas contradições nem relações com CT a serem debatidas.

Sobre as QSC até aqui discutidas, podemos dizer que elas apresentam forte apelo ético e moral, exploram questões relacionadas a história e filosofia da ciência e/ou natureza da ciência, mesmo que implicitamente. Além disso, buscam a transformação da identidade e visão de mundo dos sujeitos, elementos essenciais para a ação sociopolítica. As próprias QSC podem viabilizar o desvelamento de problemáticas sociais. Para além das relações com ciência e tecnologia, é notável o esforço dos autores dos trabalhos pesquisados para correlacionar os temas abordados com os conteúdos curriculares das disciplinas que lecionam.

Além disso, há diferentes abordagens de QSC nas práticas. Alguns trabalhos (como 12 e 20) as apresentam como aspectos de natureza sociocientífica que podem ser abordados dentro de cada intervenção, ao passo que, na maioria deles, as QSC representam o núcleo das práticas, uma temática específica que norteia todas as ações. Outro ponto descontínuo nos trabalhos é a tomada de decisão, que embora seja central para as QSC, nem sempre é considerado.

Em adição às problemáticas discutidas, muitas publicações analisadas buscam indicar soluções. De certa forma, essas proposições são etapas constituintes do ativismo, que se diferenciam por concretizar as ideias em ações práticas de conscientização ou intervenção direta (Reis, 2009; ver Capítulo 3 – O ativismo sociopolítico: perspectivas para a articulação CTS-NDC). Tais proposições, quando postas em prática, apresentam valioso potencial de transformação, especialmente em contextos mais locais. Nenhuma das pesquisas chegou a atingir o estágio das ações sociopolíticas, apesar de haver relatos de atividades dessa ordem, porém realizadas previamente às investigações. Não obstante, há variados níveis de apresentação e aprofundamento nas soluções para os problemas contextualizados pelos trabalhos.

Em relação às soluções, 23 aponta a possibilidade de engajamento e desenvolvimento de atitudes como resultado do uso de QSC para conscientização sobre realidade dos estudantes. Em oposição, o estudo 9 contempla a resolução do problema da poluição como um dos quatro questionamentos orientadores do caso controverso elaborado. As autoras buscam atingir habilidades de ordens conceitual, procedimental e atitudinais, este último grupo mais intimamente ligado à questão das

soluções e, indiretamente, às bases do ativismo. O mesmo ocorre em 8, que também buscam atingir tais habilidades, porém sua proposição não indica explicitamente como chegar a esse objetivo.

Similarmente, em 15 é afirmado que a maioria dos alunos da pesquisa em questão não conseguiram apontar soluções baseadas em ações práticas, embora reconheçam sua importância. Nessa direção, 3 pontua que muitos dos estudantes realizam ações (individuais) no seu cotidiano, porém falta “conscientizá-los sobre a importância de uma tomada de decisão coletiva como resposta para nossos problemas atuais” (3, 2021, p. 9). A exemplo, 17 promove a tomada de decisão coletiva (dos alunos) como solução para a QSC em questão.

Tomando como ponto de partida o Rio Comboios, o trabalho 20 solicita aos estudantes que apontem ações para a preservação do rio da aldeia onde estudam e seus entornos. Apesar disso, o relato destacado pelos autores não indica nenhuma solução específica, que tampouco são discutidas no texto. Nesse sentido, a preocupação principal dos autores são os conteúdos variados, correspondentes a uma ampla gama de disciplinas, em relação às habilidades. Da mesma forma, em 5 não são aludidas maneiras de promover práticas transformadoras, apesar de reconhecerem a importância da formação de professores para a justiça social, principalmente no que tange a transformação da sociedade.

Por outro lado, o estudo 10 indica soluções alinhadas com preceitos do ativismo sociopolítico transmitidos em respostas de estudantes que alinham ações individuais (como economizar água) a mobilizações mais gerais da sociedade (reflorestamento, preservação, diminuição do desmatamento). Ancorados nos requisitos para utilização de QSC de Dionor *et al.* (2020), as autoras consideram que o grupo conseguiu partir da relevância e contextualização, passar pela argumentação e posicionamento e chegar à análise e resolução de problemas, através da compreensão e mobilização de conteúdos.

Em um contexto mais amplo, o estudo 13 registra participantes que partem de elucubrações sobre os resultados da coleta de dados até ações práticas (reaproveitamento de água, horta da escola, exposições), já realizadas previamente à realização da pesquisa. A abordagem de problemas locais do bairro proporciona uma compreensão mais direcionada e palpável em direção a caminhos para superar os obstáculos identificados. No que concerne à justiça social nos trabalhos de sala de aula (Quadro 18), consideramos que apenas esse trabalho (13), de viés crítico, atinge

aspectos das três dimensões de JS. Em seguida, destacamos 12 e 20 que contemplam duas dimensões, sempre incluindo a econômica. Por fim, dos trabalhos 3, 5, 8, 9, 10, 15, 17, 22 e 23 emergiu apenas uma dimensão.

A classificação de dimensões de JS resultou na caracterização sumarizada pelo Quadro 19 e detalhada a seguir.

Quadro 19: Dimensões parciais emergidas da análise das práticas

<b>Dimensão de JS na educação CTS</b>	<b>Caracterização das dimensões</b>
<b>Econômica</b>	Refletir sobre como as desigualdades afetam e são impactadas pelo desenvolvimento científico e tecnológico; compreender como CT podem contribuir para acabar/reduzir com as desigualdades sociais; observar se todos têm acesso equitativo a CT (medicamentos, alimentação saudável, tecnologia...); analisar se os problemas de pesquisa são direcionados ao bem-estar de toda a população; depreender como ocorre o financiamento de pesquisas. Por exemplo, todos os cientistas têm o mesmo acesso ao financiamento? Avaliar se as empresas e instituições de CT possuem responsabilidade social (riscos, impactos econômicos e ambientais, ética) sobre o que produzem
<b>Cultural</b>	Reconhecer e valorizar as contribuições de diferentes povos na produção científico-tecnológica; interseccionalidade (como diferentes aspectos da identidade (raça, gênero, classe) se relacionam e afetam a CT; incluir vozes marginalizadas nas decisões envolvendo CT; combater o racismo e o preconceito através da ciência e na ciência; incluir perspectivas culturais diversas nos debates científicos; sensibilizar os alunos sobre a importância da diversidade cultural no desenvolvimento da CT; avaliar o impacto cultural das novas tecnologias
<b>Política</b>	Questionar as estruturas sociais existentes (conscientização sobre questões sociais e políticas para poder superá-las); promover a participação social dos alunos (ter voz nas decisões); realizar ações para que os membros de toda a comunidade escolar se sintam representados e respeitados; refletir sobre políticas educacionais (principalmente na formação de professores), pensar e agir (políticas públicas, movimentos sociais, regulamentações – escola pode ser um meio para inserir o aluno nesse movimento), de forma que o desenvolvimento científico e tecnológico beneficie a sociedade como um todo

Fonte: elaborado pela autora, com base em Fraser (2009).

Acreditamos que essa classificação pode ser aplicada em outros contextos. Por exemplo, na elaboração de propostas baseadas em JS na educação em ciências, identificação das dimensões de JS em falas de estudantes e professores em formação, proposição de QSC com base em JS, entre outros. Essa lista não é definitiva, podendo ser modificada. Vale salientar que nenhum trabalho explora explicitamente essas dimensões, que foram identificadas através de menções e alusões.

A dimensão econômica, prevalecente na amostra, é abordada quando as discussões remetem a questões relacionadas a desigualdade social articulada ciência e tecnologia, bem como a escolha de problemas (baseada no bem-estar da população), sendo incipientes reflexões sobre agência de pesquisa e financiamento. A exemplo, 12 se preocupa em abordar a “condição inicial de vulnerabilidade em saneamento básico”, em consonância com o destaque dado ao potencial da CT em atuar para JS enfatizado em (13).

Determinadas ações individuais cotidianas representadas em (3) refletem características econômicas em ações de caráter ambiental, especialmente na relação com o consumo. Por sua vez, 8, 9 e 13 centram-se na avaliação dos impactos econômicos de uma determinada atividade, em contrapartida aos impactos ambientais.

Há situações em que a dimensão cultural se sobrepõe a dimensão econômica, como apresentado por 5, “onde a desigualdade racial se sobrepõe à desigualdade social, dado o nosso passado escravocrata” (5, 2021, p. 2). A dimensão cultural também aparece em 12, que associam certos vocábulos como morador e família, à sensação de pertencimento. A inclusão de vozes marginalizadas também é canalizada pelos debates em 13, 20 e 23. Adicionalmente, questões de gênero constituem um aspecto seminal para o desenvolvimento da QSC em (17).

Elementos que aludem à dimensão política são menos frequentes nos trabalhos analisados. O trabalho 15 aborda a dimensão política de JS quando salientam a importância de questionar as estruturas sociais vigentes e como elas repelem a participação popular daqueles desprovidos de conexões políticas. As relações entre alimentação e agronegócio são consideradas sob o prisma da política nos comentários em 22 como principal foco, complementado por aspectos ambientais e econômicos. Em consonância, a importância das políticas públicas para promover mudanças sociais é destacada por 13.

## **6.7 O que podemos inferir deste capítulo?**

A justiça social vem sendo discutida em vários campos das ciências humanas. As visões de Rawls e Fraser se contrapõem quando o primeiro se foca nas questões distributivas de recursos, corroborando uma concepção arraigada no neoliberalismo. De base feminista, Fraser enfatiza questões fundamentais que vão além da

distribuição, se ocupando da representação dos sujeitos no arranjo social. A educação teria um papel fundamental no processo de superação de injustiças, que tem como fundamento a derrubada de obstáculos institucionais que impedem os indivíduos de atuarem de forma igualitária no espaço político. Tais injustiças sociais podem ser classificadas em três dimensões: econômica, cultural e de representação.

As pesquisas em educação CTS citam JS comumente, porém com pouco aprofundamento estruturado em bases teóricas consistentes. Nesse sentido, há um certo espalhamento no que é mirado pelos estudos analisados ao tratar de JS. A interseção entre JS e CTS é dada por temas ligados às bases econômicas ou às bases culturais, abarcando perspectivas de caráter crítico, como a freiriana e a decolonial. As barreiras dessa abordagem remetem à sensibilização, integração e respeito ao plano cultural local, sem perder de vista a moldura socioambiental e os aspectos éticos de CT.

A partir da recorrência de determinados termos, caracterizamos como a JS é percebida na educação CTS. A evidência dada à “transformação social” indica a importância de modificar a visão dos estudantes para que possam atuar como agentes de transformações da realidade engrenadas pela ciência e pela tecnologia. Esse processo de “alfabetização científica” opera em favor da “emancipação de sujeitos”, assim como da educação em geral.

O processo de transformação de sujeitos como resposta à “(in)justiça socioambiental” leva à “tomada de decisões” individual ou coletiva e, em última instância, pode levar à “ação sociopolítica”, independente ou articulada. O paralelo entre “democracia” e JS é um aspecto fundamental na discussão, visto que a tomada de decisão só é democrática quando envolve aqueles que são socialmente excluídos. A dimensão política de JS emerge no debate, já que a autonomia dos cidadãos se apoia em visões não distorcidas sobre NDC e suas relações com a tecnologia e sociedade. O propósito da JS também abarca os ataques às ciências promovidos pelo negacionismo científico, uma vez que a JS fortalece a democracia.

É evidente que a justiça social é posta como uma meta para superar a “desigualdade social”, fomentando a “igualdade” em várias frentes. O papel da educação CTS seria propiciar uma formação cidadã que objetiva uma “sociedade igualitária”, considerando desde o acesso à educação até aspectos sociais, econômicos, políticos e culturais. A JS seria uma via para superação de “crises”, sendo que tais momentos podem ser aproveitados para desenvolver a criticidade no

olhar sobre o CTS na democracia. Ainda, o triunfo sobre “contradições” é essencial para JS, e vem sendo destacado em trabalhos da corrente freiriana.

As considerações sobre JS podem ser contextualizadas pela interação entre educação CTS e outros campos, especialmente os pressupostos de Paulo Freire e a exploração das questões sociocientíficas. No primeiro grupo de trabalhos, o valor humano da JS é estressado, assim como do próprio desenvolvimento científico. A postura do cientista no modelo tecnocrático, é recorrentemente considerada injusta. Há certo destaque à dimensão econômica de JS, apesar do potencial de trabalhar as demais, visando a transformação da realidade social, que deve partir da compreensão das injustiças.

A dimensão econômica também é posta em evidência nos estudos que têm a articulação CTS-QSC sob os holofotes. Especialmente objetivado em práticas de sala de aula, esse imbricamento confia às QSC o papel de promoção da JS. Aspectos concernentes à desigualdade social e suas relações com CTS denotam a ênfase na dimensão econômica. As QSC podem dar palco para diálogos e exercício do poder de decisão, trazendo considerações políticas e tecnológicas, essenciais para decisões que envolvam C&T.

As dimensões cultural e política figuram entre os trabalhos de forma mais discreta. O apelo da cultura se baseia em questões enraizadas na sociedade brasileira, como desigualdade de gênero e étnico-racial, além do estímulo a fatores de pertencimento. A dimensão política, por sua vez, remete a relacionar a participação política e acesso às suas decisões com melhorias na ordem social vigente.

As questões até aqui mencionadas entrelaçam a educação CTS à NDC, uma vez que na NDC orientada para JS, o ensino e aprendizagem são direcionados ao geral com ênfase em populações mais vulneráveis. Além disso, procura situar dimensões cognitivas, epistêmicas e sociais com base em sua importância pessoal e cultural. Ademais, explora a estrutura da ciência, bem como as batalhas e controvérsias diárias que envolvem CT e suas decisões.

As temáticas indicadas para abordar NDC no âmbito da JS (questões relacionadas à alimentação, poder nuclear, idiosincrasias pessoais, valorização de conhecimentos de outros povos e controvérsias sociais e ambientais) se aproximam de problemas (ou QSC) que vêm sendo explorados pela educação CTS no mesmo âmbito.

A justiça social no contexto da NDC também se aproxima da educação CTS via ativismo sociopolítico, uma vez que ela é voltada a munir os estudantes, por meio das ciências, aplicando-as como recurso para agir em questões sociais.

A NDC voltada à JS, assim com a educação CTS, contempla três dimensões de JS (Quadro 20):

Quadro 20: Dimensões da JS no contexto da NDC

<b>Econômica</b>	Como a atividade científica pode expor disparidades econômicas de um dado local e influenciar políticas de distribuição de recursos e benefícios
<b>Cultural</b>	A maneira como as ciências são usadas e percebidas pode refletir e impactar valores culturais (ciência ocidental é excludente). Diz respeito ao empoderamento e incorporação de epistemologias de setores excluídos no ensino de ciências, incluindo as identidades dos próprios estudantes
<b>Política</b>	A atividade científica pode influenciar e informar políticas públicas, além de desafiar ou justificar desigualdades – social, raça, gênero (incluindo as desigualdades no próprio ensino de ciências), relações de poder e lucro. A ideia é promover a participação/ação dos estudantes, considerados atores socialmente responsáveis e cientes de suas realidades

Fonte: elaborado pela autora, com base em Fraser (2009).

A JS pode ser estimulada através da inserção de NDC, embora pouco venha sendo feito nessa direção do ponto de vista prático. A JS ainda opera como complemento à NDC, ao contrapor visões tradicionais de ensino de ciências, além de críticas à ciência ocidental.

## Capítulo 7 – Está na hora de caminharmos juntos

Parte considerável do desenvolvimento científico e tecnológico ocorre em função da resolução de problemas. Da mesma forma, a pesquisa em educação em ciências se desenvolve a partir do enfrentamento de problemas. Muitos deles considerados históricos, como a falta de interesse pelas ciências, percepções ingênuas sobre a ciência e a tecnologia e a falta de conexões entre os conceitos de ciências e a realidade dos estudantes.

No contexto desses problemas surgiu o movimento CTS, como resposta também aos efeitos danosos que a humanidade havia causado, até então. Desse modo, questões como a qualidade de vida das pessoas e as preocupações com os efeitos da humanidade sobre o ambiente vinham ganhando progressivamente mais espaço e se tornaram foco de propostas de ensino CTS. Igualmente, como forma de enfrentar esses problemas históricos, apresenta-se NDC.

No cenário contemporâneo, marcado pelo negacionismo, crise climática e desigualdades sociais cada vez mais acentuadas, novos desafios se impõem à educação em ciências. De alguma maneira, esses problemas se conectam e se retroalimentam. A exemplo, o negacionismo contribui com a crise climática, que retarda e/ou impede a adoção de políticas que a combatam. Nesse contexto, os mais vulneráveis sentem mais o impacto dos desastres ambientais. De maneira semelhante, o negacionismo contribui com o agravamento da saúde pública (principalmente para os desfavorecidos) a partir de movimentos como o antivacina. A simples recusa a produtos tecnológicos, como exames de raio-X e mamografia, impacta o universo pessoal até o coletivo, visto que também reverbera na esfera da saúde pública. Essas situações são caracterizadas, entre outros aspectos, pelo acesso desigual à informação e ao conhecimento (científico-tecnológico).

Para enfrentá-los, é essencial que unamos forças, encontrando nos pontos comuns de nossas lutas separadas a potência para superar esses obstáculos. A educação CTS, a NDC, as QSC e, mais recentemente, o ativismo sociopolítico são correntes irmãs que precisam se unir. Apesar de suas dissidências e particularidades, todas compartilham o propósito de formar indivíduos ativos e engajados nos problemas sociais, destacando a necessidade de superar visões simplistas sobre CT.

No enfrentamento desses desafios, enquanto a educação CTS tem se voltado ao estímulo à cultura de participação social, os estudos de NDC vêm defendendo abordagens de aspectos não-epistêmicos, além do cultivo de uma visão crítica das ciências. A cultura de participação se alinha com essas tendências atuais de pesquisa da NDC.

Temas contemporâneos, caros para a educação CTS e NDC, remetem à articulação entre ciência e política, ao trazer à lume o direcionamento político da produção científica e buscar caminhos de voltá-la aos interesses da maioria. Não por coincidência, as principais ameaças à ciência e à educação científica vêm de interesses políticos, como é o caso do negacionismo, que reflete questões ideológicas. Da mesma forma, os abismos sociais, dos quais a CT e o próprio negacionismo impulsionam, refletem a mesma ligação.

Em síntese, a contemporaneidade, marcada pelo negacionismo e por injustiças sociais, demanda uma outra educação científica, a nosso ver, voltada à problematização da atividade científico-tecnológica articulada ao desenvolvimento de uma cultura de participação. Sem perder de vista essas reflexões, nesta tese, buscamos tecer aproximações entre educação CTS e NDC visando duas frentes para a educação científica: *(a) problematização do empreendimento científico-tecnológico, o que inclui como ele afeta e é afetado pela sociedade;* *(b) ação sociopolítica em prol da justiça social.* Para tal, realizamos aprofundamentos teóricos e práticos, práticos e teóricos que juntos podem desaguar não apenas em reflexões, mas em modelos que sintetizam aspectos essenciais das interrelações entre CTS e NDC.

Em relação a esses campos, o que defendemos não ignorar divisões necessariamente estabelecidas ou agregar temas incongruentes sem nenhum rigor metodológico. Em vez disso, advogamos por congregar o que já está consolidado com o que não está, para tentar alcançar objetivos mais desafiadores.

Inicialmente, identificamos e caracterizamos, por meio de levantamento bibliográfico, articulações entre CTS e NDC em trabalhos anteriores apresentados no ENPEC sem nos preocuparmos em delimitar um contexto específico. Em seguida, também por meio de levantamento na literatura – mas agora além de trabalhos completos apresentados no mesmo evento, incluímos dissertações disponibilizadas pelo catálogo de teses e dissertações da CAPES – cuja temática das investigações fosse a radioatividade. Diferente do primeiro passo, o intuito foi explorar esses enlaces em um contexto específico. O argumento investigativo de lidar com NDC na presença

e na ausência de um contexto é um fator remanescente de meu mestrado (Bonfim, 2020), quando concepções de NDC foram acessadas nessas duas condições.

Com relação, ao primeiro (sem contexto), construímos um modelo que procura delimitar fronteiras nebulosas entre CTS e NDC, algumas delas intermediadas pelas QSC. No geral, ambos são reconhecidos como distintos e complementares. Deixamos claro que esse modelo não exclui nem limita outras possibilidades e formas de conexões. Ele serve apenas para situar no tempo e no espaço como essas interações têm ocorrido, o que é especialmente útil para introduzir esses temas àqueles que estão começando a se familiarizar com eles. Uma diferenciação entre CTS e NDC remete às próprias abordagens de cada campo que, no âmbito da NDC, são mais delineadas e menos difusas que as abordagens CTS.

Além disso, três pontos desse primeiro momento chamaram atenção: i) a descontextualização das pesquisas enfocadas nas concepções CTS de professores e estudantes; ii) de alguma forma, “o mito original” da neutralidade científica é a maneira como pesquisas CTS abordam aspectos não-epistêmicos da NDC. Entretanto, ele é frequentemente visto como um lema, sem discussões aprofundadas. Interessante que nem sempre sua abordagem vem associada aos mitos definidos por Auler e colaboradores; iii) uma crescente preocupação em incorporar NDC nas investigações CTS é demonstrada.

No segundo momento (no contexto da radioatividade), nosso exame de elementos da NDC em investigações CTS se apoiou no perfil de aspectos (não)epistêmicos da NDC, produzido por Acevedo-Díaz e colaboradores. Além de considerar pressupostos da história das ciências em sua formulação (coadunando com a ideia do contexto), esse modelo enfatiza aspectos não-epistêmicos, o que é interessante para abordagens CTS. Dessa análise, evidenciamos aspectos epistêmicos relevantes, apesar de incipientemente aprofundados, como o caráter dinâmico e provisório do conhecimento científico, o papel da experimentação e as diferenças e relações entre ciência e tecnologia.

Além disso, é notável a presença de aspectos não-epistêmicos frequentemente mencionados, que sublinham as influências políticas e sociais como pontos de encontro frutíferos para a construção de práticas fundamentadas na educação CTS com ênfase na NDC. Amplamente, a tendência em abordar aspectos externos à comunidade científica, que se relacionam mais com os produtos da C&T do que com

os processos, são obstáculos para graus mais altos de participação social, dificultando a ação sociopolítica.

Vale ressaltar complementação entre CTS-NDC se potencializa a partir da abordagem de questionamentos sobre a definição dos problemas e agendas de pesquisa e suas implicações, destacando a importância de envolver a sociedade nessas decisões. Ademais, ratificamos que, ao contrário da tendência internacional, os trabalhos da América Latina sublinham mais os aspectos não-epistêmicos, refletindo problemas locais como falta de financiamento e desigualdades.

No que concerne os dois movimentos (com e sem contexto), sinalizamos uma ausência de conceituações sistematizadas da NDC nos estudos CTS, evidenciando uma lacuna no aprofundamento da articulação CTS-NDC. Ademais, notamos uma incorporação implícita e não deliberada de NDC, contrariando o que pesquisadores da NDC recomendam: uma abordagem explícita, embora, em algum nível, o caráter contextual e reflexivo da NDC se faz presente, ao menos nos estudos relacionados à radiatividade.

Chama atenção que enquanto no primeiro momento, nenhum trabalho analisado aborda o negacionismo, no segundo, embora não apareçam termos como “negacionismo” ou “fake news”, algumas pesquisas abordam os “mitos” ou falácias”, em relação à radioatividade, que se aproximam da noção de “fake news”.

Algumas lacunas e demandas previamente identificadas, como a limitação da cultura de participação, a necessidade de formar cidadãos engajados e a inserção da NDC por meio de temas socialmente relevantes, motivaram a nossa investigação sobre ativismo sociopolítico, realizada durante o estágio de doutorado em Portugal. Em razão dessas lacunas, direcionamos nossa análise para dissertações focadas em práticas educativas, visando compreender o que realmente é significativo para as práticas de sala de aula no que diz respeito aos pressupostos do ativismo acadêmico.

Desse momento, caracterizamos três enfoques principais do ASP: reflexão, sensibilização e ação direta, configurando níveis de ativismo nas práticas analisadas. *Reflexão* diz respeito aos conhecimentos de ciência e tecnologia, promovendo pesquisa e visão transformadora entre os alunos. Por sua vez, *sensibilização* envolve o despertar de sentimentos e valores, impactando no estado de alerta. Enfim, *ação direta* abarca a criação e divulgação de produtos/processos, que incluem de tomadas de decisão. Enquanto o primeiro nível se aproxima mais da NDC (também em função da abordagem de QSC), os níveis 2 e 3 estão mais relacionados à educação CTS.

Há uma preocupação em vincular as temáticas às realidades dos alunos, apesar do professor depositar essa função mais em sua responsabilidade. Destacamos como etapas comuns às práticas de ASP: *escolha do tema, pesquisa, partilha e ação*. Esta última é mais voltada à resolução de problemas e mudanças de hábitos do que à organização de grupos de pressão e voluntariado, ratificando a necessidade de aproximação com pressupostos da cultura de participação.

Chama atenção que as ações sociopolíticas estão fundamentadas em conhecimentos científicos, o que pode evitar ações ingênuas, mas também pode criar uma percepção de superioridade do conhecimento científico. Além disso, há um reforço de uma visão ocidentalizada da ciência. Questões que demandam um aprofundamento nesse âmbito. Por fim, o ASP pode contribuir para o enfrentamento de desafios contemporâneos, como a superação do negacionismo, por possibilitar a valorização da democracia e fortalecer a cultura de participação.

Pelo que foi apreendido até esse ponto, consideramos crucial nos aprofundarmos em cada um dos referenciais em separado. Na perspectiva da NDC, o intuito é revisitar seus propósitos e sentidos tendo em vista o negacionismo científico. Em contrapartida, os encaminhamentos direcionados à educação CTS nos levam a refletir sobre o aspecto social da produção científico-tecnológica, com ênfase na resolução de problemas, nas finalidades da pesquisa científica, priorizando a realidade local.

Na esfera da NDC, buscamos ir além das críticas à visão consensual, discutindo abordagens mais recentes, como FRA, MoCEC, IM-NOSBIO e *Whole Science*. Além disso, destacamos dois pontos que, a nosso ver, careciam de aprofundamentos: a importância da tomada de decisão para NDC e os diferentes apreensões atribuídas à noção de contextualização. Em especial, a primeira está mais alinhada ao argumento democrático da tomada de decisão, que tem sido criticado por seguir uma ótica neoliberal.

Dentre as abordagens, destacamos a *Whole Science* por esta considerar a educação CTS em sua formulação e apresentar um caráter contingencial. Então, aplicamos o perfil de confiabilidade na ciência em um contexto negacionista. Ratificamos, a partir da análise de notícias do tipo fact-checking sobre vacinas e autismo, que a *Whole Science* detém grande potencial para tratar de aspectos socioculturais do empreendimento científico. Também, a ampliação do instrumento a partir de pressupostos da epistemologia social enriquece as discussões em torno do

negacionismo científico, por incluir elementos relacionados a dependência epistêmica, autoridade epistêmica, credibilidade e confiança. Adicionalmente, possibilita a discussão de fatores atacados por negacionistas desde a produção à disseminação e incorporação do conhecimento científico à sociedade.

Centrados no negacionismo, propomos uma classificação que abarca quatro pilares, que se interrelacionam: aproximação com a comunidade científica, impacto na sociedade, ligação com a política e vínculo com a religião. Como limitação, notamos que a *Whole Science* apresenta certo caráter generalista, ficando aquém em debates centrais da CTS (como problemas locais e agendas de pesquisa), embora se aprofunde em questões essenciais como financiamento. A *Whole Science* não parece buscar estabelecer uma crítica estruturada à natureza mercadológica da produção científica.

Em relação à sala de aula, apontamos que a utilização de publicações do tipo fact-checking para explorar elementos de NDC, que estruturam a desmistificação de informações anticientíficas, se mostrou promissora. Esse tipo de notícia vem se mostrando cada vez mais atual e essencial, em um cenário alimentado por desinformação sistemática, com apoio de determinados grupos políticos. Nesse sentido, o caráter controverso das QSC favorece a inserção da NDC e do ativismo.

Para compreender a atividade científico-tecnológica sem perder de vista os pressupostos da educação CTS e atender demandas como a agência de pesquisa, baseamo-nos em Kuhn, PLACTS e Knorr-Cetina, buscando também traçar conexões entre eles.

A visão kuhniana destaca a importância social da ciência. Para ele, a resolução de problemas é fundamental para o progresso científico. Em Kuhn, o problema assume um sentido mais exotérico, endógeno à comunidade. Isto é, depois que um problema se torna relevante para a comunidade científica, de que forma ele seria enfrentado. Esse aspecto social da resolução de problemas é explorado via PLACTS.

As contribuições do PLACTS giram em torno da ênfase nos problemas sociais locais e nos interesses da comunidade, considerando o arcabouço socioeconômico regional e sua relação com a agenda de pesquisa e políticas públicas. Do mesmo modo, é imperativo que os problemas de pesquisa estejam alinhados a um projeto de desenvolvimento nacional voltado à emancipação latino-americana, o que inclui a superação de suas mazelas sociais, e que busquem avanços não almejados por países centrais.

Paralelamente, Knorr-Cetina aprofunda o debate em alguns pontos que são fulcrais para a educação CTS: a competitividade e individualidade dos cientistas, que passam a seguir uma lógica de mercado; o caráter autocentrado das atividades ciências; as relações transepistêmicas da pesquisa científica; a influência do financiamento na definição da pesquisa científica e a forma como são estabelecidos os problemas de pesquisa. Em sintonia com o PLACTS, há a defesa de uma abordagem crítica e contextualizada da ciência, com destaque para a não neutralidade científica e tecnológica, alinhando demandas locais a valores contextuais e interesses de cientistas.

Tanto PLACTS quanto NDC defendem uma abordagem contextualizada da ciência, embora apresentem enfoques distintos. A interdisciplinaridade é outro fator em comum entre os dois campos, trazida pela educação CTS como uma peça-chave e implicitamente mencionada pela NDC ao enfatizar a importância da História, Filosofia e Sociologia das Ciências no ensino de ciências. Ambos podem fortalecer a abordagem de QSC, assim favorecendo a ação sociopolítica. No mesmo caminho, a noção da atividade científica como modelo hierárquico emparelha esses referenciais uma vez que é considerada relevante na educação CTS e pode ser explorada na NDC para entender o fazer científico.

A ênfase nos problemas locais, a necessidade da superação de um modelo neoliberal, de fortalecer a cultura de participação e, por conseguinte, a democracia (atacada pelo negacionismo), nos levam a explorar a relevância da justiça social na educação científica, partindo dos olhares da educação CTS e da NDC. A ideia é avaliar a possibilidade de articulá-los a partir da JS. Como contribuição das reflexões tecidas nesse contexto, produzimos um modelo para representar as dimensões de justiça social para o ensino de ciências (Figura 18).

As dimensões estabelecidas pela análise da JS emergem do olhar socioeconômico depositado sobre o empreendimento científico, que se manifesta em caminhos que se interceptam, partindo de NDC e da educação CTS. Na esfera econômica, o acesso desigual ao conhecimento e aos processos e produtos científico-tecnológicos é remetida como consequência de desigualdades econômicas. Essa abordagem é importante para influenciar a distribuição de recursos e os problemas de pesquisa para que atendam o interesse da maioria e possam operar para diminuir esses contrastes.

Figura 18: Dimensões da JS para o processo educacional



Fonte: elaborada pela autora.

No âmbito cultural, a JS se apoia especialmente na valorização de comunidades marginalizadas e excluídas, manifestada através da diversidade e da própria individualidade de alunos e alunas. A ascendência da produção científica sobre valores culturais é uma via de mão dupla, refletindo uma relação direcional da sociedade com a ciência e a tecnologia.

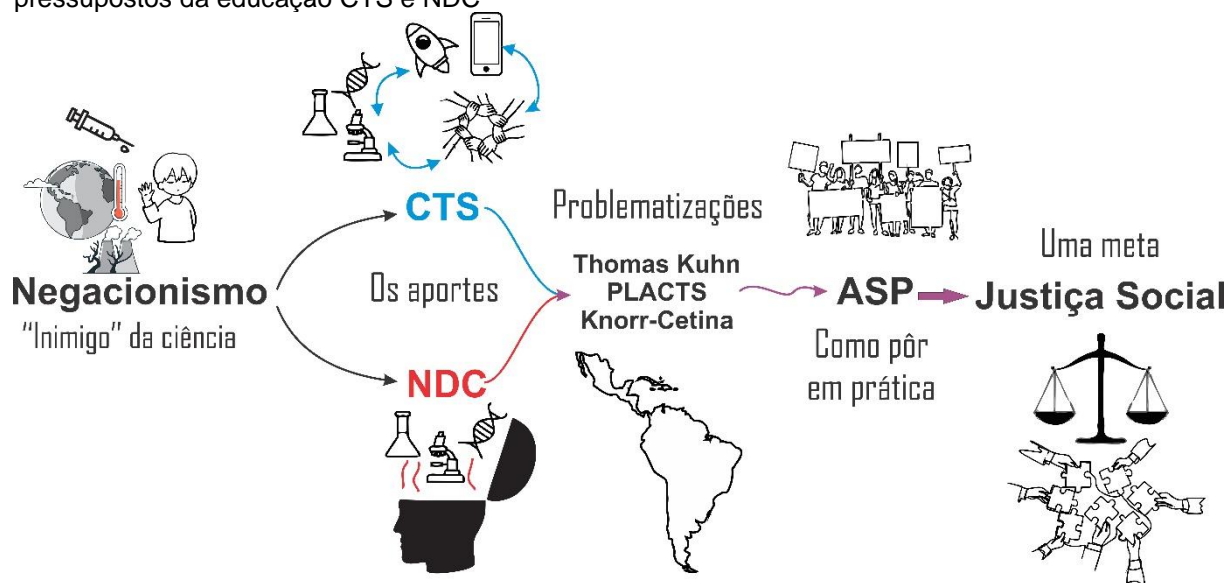
A parcela política da discussão de justiça social é reverberada pelo desvelamento da influência que a ciência exerce na formulação de políticas públicas, possibilitando o questionamento de estruturas sociais vigentes. Um aspecto essencial comum entre CTS e NDC em relação à incorporação da JS é o estímulo à participação dos alunos e membros da comunidade na tomada de decisão, especialmente quando se referem a problemas de interesse local. Esses direcionamentos confluem com os pressupostos do ASP, um relevante mecanismo para incorporar essas discussões.

O entrelaçamento dos debates propostos aponta para a importância de fomentarmos um ensino de ciências contextualizado, crítico e voltado para demandas contemporâneas, como o combate ao negacionismo e à busca pela justiça social. Nesse cenário, destacamos os aportes teóricos da educação CTS e da NDC como robustos para cumprir tal papel, desde que sejam intencionalmente direcionados para tal. A Figura 19 sintetiza o fluxo de ideias que alicerçou as discussões desta tese,

responsável por florescer encaminhamentos teórico-metodológicos que suplantem uma educação científica voltada a problema contemporâneos e urgentes.

A congregação dos aprofundamentos da NDC e da educação CTS, centrada no cenário atual deve ter como ponto de partida problematizações indicadas pela realidade local e que tenham potencial de produzir mudanças de fato. Os pressupostos do ativismo sociopolítico canalizam essa compreensão mais holística e crítica do empreendimento científico-tecnológico em ações práticas de conscientização, com potencial palpável para promover transformações. Entendemos a importância de nos ancorarmos em correntes estabelecidas, de modo a unir forças em um caminho comum que veja a ciência e tecnologia como uma via de chegada à justiça social.

Figura 19: A educação científica contra o negacionismo e para a justiça social, segundo os pressupostos da educação CTS e NDC



Fonte: elaborada pela autora.

## REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.L.; LEDERMAN, N.G. The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. **Science Education**, v. 82, p. 417-437, 1998.

ABD-EL-KHALICK, F. Examining the Sources for our Understandings about Science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 34, n. 3, p. 353- 374, 2012.

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A. PAIXAO, M. F.; ACEVEDO, P.; OLIVA, J. M.; MANASSERO, M. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.

ACEVEDO, J. A. A. El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 178-198, 2008.

ACEVEDO, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN, M. M. Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. **Educación Química**, n. 28, p. 140-146, 2017.

ACEVEDO, J. A.; ARAGÓN-MÉNDEZ, M. M; GARCÍA-CARMONA, A. Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. a. **Revista Científica**, v. 33, n. 3, p. 344-355, 2008.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; ARAGÓN-MÉNDEZ, M. M.; GARCÍA-CARMONA, A. Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. **Revista Científica**, v. 33, n. 3, p 344-355, 2018.

ADÚRIZ-BRAVO, A. **Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias. Tese de doutorado**. 2001, 193 f. Tese (Doutorado em Didática das Ciências Experimentais). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2001.

ADÚRIZ-BRAVO, A. La epistemología en la formación de profesores de ciencias. **Revista Educación y Pedagogía**, v. 18, n. 45, p. 27-36, 2006.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; ARIZA, F. Capítulo 5 – Importancia de la filosofía y de la historia de la ciencia em la enseñanza y em el aprendizaje de las ciencias. In: NASR, Z. M.; LÉON-SÁNCHEZ; LEÓN, G. A. D. (Ed.). **Enseñanza de la Ciencia**. Cidade do México: Facultad de Psicología, 2012. p. 79-82.

ADÚRIZ-BRAVO, A. Sinergias entre CTS y Naturaleza de la Ciencia. **Boletim da AIA-CTS**, n. 3, p.21-24, 2016.

ALBUQUERQUE, A.; QUINAN, R. Crise epistemológica e teorias da conspiração: o discurso anti-ciência do canal “professor terra plana”. **Revista Mídia e Cotidiano**, v. 13, n. 3, p. 83-10, 2019.

ALVES, T. **OCDE: brasileiros têm maior dificuldade em identificar notícias falsas**. Agência Brasil, 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2024-07/ocde-brasileiros-tem-maior-dificuldade-em-identificar-noticias-falsas> Acesso em 02 dez. 2024.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). **This Year in School Science 1986**: The Science Curriculum. Nova Iorque: Oxford University Press, 1987, 238 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). **Science for all Americans**. Nova Iorque: Oxford University Press, 1990, 272 p.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). **Benchmarks for science literacy**: A Project 2061 report. Nova Iorque: Oxford University Press, 1993, 418 p.

AIKENHEAD, G. What is STS Science Teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G.S. (Org.). **STS Education International Perspectives on Reform**. New York: Teacher's College Press, 1994.

AIKENHEAD, G. STS education: a rose by any other name. In: CROSS, R. (Org.). **A vision for science education: responding to the work of Peter Fensham**. London, UK: RoutledgeFalmer, 2003. p. 59-75.

AIKENHEAD, G. Research into STS science education. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009.

AIKENHEAD, G.; RYAN, A.G.; FLEMING, R. W. **Views on Science-Technology-Society**. (form CDN.mc.5): Department of Curriculum Studies, College of Education. University of Saskatchewan, Canada, 1989.

ALLCHIN, D. Should the sociology of science be rated X? **Science & Education**, Nova Jersey, v. 88, p. 934-946. 2004.

ALLCHIN, D. Towards Clarity on Whole Science and KNOWS. **Science & Education**, Nova Jersey, n. 96, n. 4, p. 693-700, 2012.

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science & Education**, Nova Jersey, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. St. Paul: SHiPS Education Press, 2013, 324 p.

ALLCHIN, D. Beyond the consensus view: whole science. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, Toronto, v. 17, n. 1, p. 18-26, 2017.

ALLCHIN, D. From Nature of Science to Social Justice: The Political Power of Epistemic Lessons. In: YACOUBIAN, H. A.; HANSSON, L. (Eds.). *Nature of Science for Social Justice*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2020, p. 23-39.

ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H.; NIELSEN, K. Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating inquiry, historical cases and contemporary cases in classroom practice. **Science Education**, v. 98, p. 461-486, 2014.

ALMEIDA, E. S.; GEHLEN, S. T. Organização curricular na perspectiva Freire-CTS: propósitos e possibilidades para a educação em ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, e11994, 2021.

ALMEIDA, Q. A. R.; SILVA, J. A. L. Química verde em métodos sintéticos: aplicação de novas metodologias experimentais na formação de professores de química. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.14, n.3, 2019.

ALMEIDA, E. S.; STRIEDER, R. S. Relações Freire-CTS na problematização da atividade científico-tecnológica. In: XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XIII ENPEC, 2021 **Anais eletrônicos...** Online: ABRAPEC, 2021.

ALMEIDA, B. C.; JUSTI, R. O Caso Histórico Marie Curie: Investigando o potencial da História da Ciência para favorecer reflexões de professores em formação sobre Natureza da Ciência. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 351-373, 2019.

ALMEIDA, B.; JUSTI, R. Influências de conhecimentos de natureza da ciência no planejamento de aulas relacionadas à história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, p. 433-453, 2020.

ALMEIDA, B.; SANTOS, M.; JUSTI, R. Aspects and Abilities of Science Literacy in the Context of Nature of Science Teaching. **Science & Education**, v. 32, 5p. 567-587, 2023

AMADOR, R. Y.; OSPINA, N.; ADÚRIZ, A. Representaciones de naturaleza de la ciencia en libros de texto de química: indagando por los tópicos epistemológicos de Representación y Lenguajes. **Entre Ciencia e Ingeniería**, Pereira, v. 12, n. 24, p. 116-123, 2018.

ANGÉLICA, E. ‘O negacionismo é danoso para vulneráveis’, diz antropóloga. Nós, mulheres da periferia. Disponível em: <https://nosmulheresdaperiferia.com.br/o-negacionismo-e-danoso-para-populacoes-vulneraveis-diz-antropologa/> Acesso em 14 nov. 2024.

ANTUNES, E. P.; MOREIRA, B. R.; BORGES-JR. O. V.; FARIAS, S. A; FERREIRA, L. H. Instrumentos para aferir as concepções de natureza da ciência - um estudo exploratório. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., Florianópolis, **Anais...** Florianópolis, 2017.

ARAGÓN-MÉNDEZ, M. M.; ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A. Prospective biology teachers' understanding of the nature of science through an analysis of the historical case of Semmelweis and childbed fever. **Cultural Studies of Science Education**, n. 14, p. 525-555, 2019.

ARAGÓN-MÉNDEZ, M.; GARCÍA-CARMONA, A.; ACEVEDO-DÍAZ J.A. Aprendizaje de estudiantes de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia mediante el caso histórico de semmelweis Y la fiebre puerperal. **Revista Científica**, v. 27, n. 3, p. 302-317, 2016.

ARELLANO, A.; KREIMER, P. Introducción general. In: A. A. HERNÁNDEZ P. KREIMER (Eds.), **Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina**. Bogotá: Siglo del Hombre, 2009, p. 3- 11.

ARAÚJO, A. B.; SILVA, M. A. Ciência, tecnologia e sociedade; trabalho e educação: possibilidades de integração no currículo da educação profissional tecnológica. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 01, p. 99-112, 2012.

ASSIS, K. R. História e filosofia da ciência no ensino de ciências e o debate universalismo versus relativismo. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p. 149-166, 2014.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

AULER, D.; DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI, V. S. Abordagem temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 67-84, 2009.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. Tese de doutorado em Educação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. **Seminário Ibérico CTS no ensino das ciências**, Aveiro, 2006.

AULER, D. Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do Movimento CTS: novos caminhos para a Educação em Ciências. **Contexto & Educação**, n. 77, p. 167-188, 2007a.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v.1(número especial), p. 1-20, 2007b.

AULER, D. Cuidado! Um cavalo viciado tende a voltar para o mesmo lugar. Curitiba: Appris Editora, 2018, 151 p.

AULER, D. Freire, Fermento Entre os Oprimidos: Continua Sendo? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, e33706, 2021.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. **Linhas Críticas**, v. 21, n. 45, p. 275-296, 2015.

AZEVEDO, N. H; SCARPA, D. L. Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017.

AZINHAGA, P. F.; MARQUES, A. R.; REIS, P. Investigação e Inovação Responsáveis em contexto educativo: percepções de alunos e professores quanto às potencialidades e limitações das atividades propostas no âmbito do Projeto IRRESISTIBLE. *Indagatio Didactica*, v. 8, n. 1, p. 2034-2046, 2016.

BACHELARD, G. **O Racionalismo Aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

BACHELARD, G. **A Filosofia do Não**. São Paulo: Coleção abril Cultural. Coleção Os Pensadores, 1978.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto. 1996.

BARBOZA, R.; MARTORANO, S. A. A. O caso da vacina tríplice e o autismo: o que os erros nos ensinam sobre os aspectos da natureza da ciência. In: Moura, B. A., & Forato, T. C. M. (Ed.), **Histórias das ciências, epistemologia, gênero e arte: ensaios para a formação de professores (53-70)**. São Bernardo do Campo: Editora UFABC, 2017.

BARCELLOS, M. Ciência não autoritária em tempos de pós-verdade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, 1496-1525, 2020.

BARKUN, M. *A Culture of Conspiracy Apocalyptic Visions in Contemporary America*. Berkeley: University of California Press, 2013.

BAZZO, W. A. Cultura Científica versus Humanística: a CTS é o elo? **Revista Ibero-Americana de Educação**, n. 58, p. 61-79, 2008.

BAZZO, W. A. A. Da abordagem CTS a uma nova equação civilizatória. **Boletim da AIA-CTS**, n. 3, p.18-21, 2016.

BAZZO, W. A. A. Quase três décadas de CTS no Brasil: sobre avanços, desconfortos e provocações. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 2, p. 260-278, 2018.

BECK, U. **Sociedade de risco**: Ruma a uma outra modernidade. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34 Ltda. 384 p.

BEJARANO, N. R. R.; ADURIZ-BRAVO, A; BONFIM, C. S. Natureza da Ciência (NOS): Para além do Consenso. **Ciência & Educação**, v. 25, n. 4, p. 967-982, 2019.

BELL, L. A. Theoretical foundations for social justice education. In: ADAMS, M.; BELL, L. A.; GOODMAN, D. J.; JOSHI, K. Y. (Eds.). **Teaching for diversity and social justice**, 3. ed. Nova Iorque: Routledge, 2016, p. 3-26.

BELL, R. A.; MATKINS, J. A.; GANSEDER, B. N. Impacts of Contextual and Explicit Instruction on Preservice Elementary Teachers' Understandings of the Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 4, p. 414-436, 2011.

BENCZE, L.; CARTER, L. Globalizing students acting for the common good. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 6, p. 648-669, 2011.

BESLEY, T.; PETERS, M.; RIDER, S. Afterword: Viral Modernity from Postmodernism to Post-truth? In: Peters, A. M.; Hyvönen, M.; Rider, S.; Besley, T. (Ed.), **Post-Truth, Fake News Viral Modernity & Higher Education**. Singapore: Springer, 2018.

BINGLE, W. H.; GASKELL, P. J. Scientific literacy for decision making and the social construction of scientific knowledge. **Science Education**, v. 78, n. 2, p. 185-201, 1994.

BONFIM, C. S. **Ideias de universitários cegos sobre Natureza da Ciência**. 2020, 230 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

BONFIM, C. S.; GARCIA, P. M. P. Investigando a “Terra plana” no YouTube: contribuições para o ensino de Ciências. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 1-25, 2021.

BONFIM, C. S.; PINHEIRO, B. C. S. A “água” em foco: relações entre vídeos de temática socioambiental e a química. **# Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, v.11, n.1, 2022.

BONFIM, C. S.; STRIEDER, R. B. O que estamos discutindo sobre radioatividade e energia nuclear na interface Educação CTS/Natureza da Ciência. In: VIII SIACTS (Seminário Ibero-Americano CTS), 2022, Campinas. VII SIACTS. **Anais...** 2022. p. 1010-1024.

BONFIM, C. S.; STRIEDER, R. B.; MACHADO, P. F. L. Articulações entre Educação CTS e Natureza da Ciência na Pesquisa em Educação em Ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 2, 307-333, 2022.

BONFIM, C. S.; STRIEDER, R. Educação CTS e natureza da ciência no ensino de química: articulações para a tomada de decisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 21., 2023, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Even3, 2023, sem paginação.

BONFIM, C. S.; STRIEDER, R. Enfrentamentos para o negacionismo científico: explorando a natureza da ciência a partir de fact-checking. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 29, n. 3, 101-124, 2024.

BONFIM, C. S.; STRIEDER, R.; REIS, P. G. R. Aprender agindo: iniciativas de ativismo sociopolítico em práticas educativas de Ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 30, e24054, 2024.

BORGES, A. P. A *et al.* Visões de Ciência e Cientista utilizando representações artísticas, entrevistas e questionários para sondar as concepções entre alunos da primeira série do Ensino Médio. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 2010, Brasília. **Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)**, 2010, sem paginação.

BOURDIEU, P. The Specificity of the Scientific Field and the Social Conditions of the Progress of Reason. **Social Science Information**, v. 14, n. 6, p. 19-47, 1975

BRENZAM FILHO, F.; ANDRADE, M. A. B. S. Percepções de licenciandos acerca da Ciência a partir de um curso de formação complementar. **Ensino e Tecnologia em Revista**, v. 7, n. 2, p. 677-691, 2023.

BURTON, E. E. P. Strategies for Learning Nature of Science Knowledge: A Perspective from Educational Psychology. In: MATTHEWS, M. R (Org.). **History, Philosophy and Science Teaching: New Perspectives**. Sydney: Springer, 2018, p. 167-194.

BYBEE, R. W. Science education and the science-technology-society (STS) theme. **Science Education**, v. 71, n. 5, p. 667-683, 1987.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; PESSOA DE CARVALHO, A. M.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A renovação necessária do ensino das ciências**, 3. Ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CARDOSO, A. P. S.; CALUZI, J. J.; SANTOS, R. A. Aproximação entre a filosofia de Hugh Lacey e o campo educacional em Ciência, Tecnologia e Sociedade. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, e12122, 2020.

CARLISLE, L. R.; JACKSON, B. W.; GEORGE, A. Principles of social justice education: The social justice education in schools. *Project*, **Equity & Excellence in Education**, v. 39, n. 1, p. 55–64, 2006.

CASSIANI, S.; SELLES, S. L. E.; OSTERMANN, F. Negacionismo científico e crítica à Ciência: interrogações decoloniais. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 28, e22000, 2022.

CATARINO, G. F. C.; REIS, J. C. O. A pesquisa em ensino de ciências e a educação científica em tempos de pandemia: reflexões sobre natureza da ciência e interdisciplinaridade. **Ciência & Educação**, v. 27, e21033, 2021.

CHAMIZO, J. A.; CASTILLO, D.; PACHECO, I. La naturaleza de la química. **Educación Química**, v. 23, n. 4, p. 298-304, 2012.

CHARLOT, B.; SILVA, C. O negacionismo: uma crise social da relação com a “verdade” na sociedade contemporânea. **Revista Internacional Educon**, v. 2, n. 3, p. e21023004, 2021.

CHEUNG, K. K. C. Exploring the Inclusion of Nature of Science in Biology Curriculum and High-Stakes Assessments in Hong Kong. **Science & Education**, v. 29, p. 491-512, 2020.

COLLINS, H. M.; SHAPIN, S. Uncovering the nature of science. Times Higher Educational Supplement. In: J. BROWN, A. COOPER, T. HORTON, F. TOATES, D. ZELDIN (Eds.). **Science in schools**. Milton Keynes: Open University Press, 1986, p. 71-77.

COMERLATTO, L. P. A crise estrutural do capitalismo e a gestão da educação. In: ANPED SUL, 10, Florianópolis, 2014. X ANPED SUL. **Anais...** 2014, p. 1-19.

COFRÉ, H.; NÚÑEZ, P.; DAVID, S.; PAVEZ, J. M.; VALENCIA, M.; VERGARA, C. A Critical Review of Students' and Teachers' Understandings of Nature of Science. **Science & Education**, n. 28, p. 205–248, 2019.

COLAGRANDE, E. A.; A. ARROIO. Representações sociais sobre Ciência e cientista: importante discussão na formação de professores de Química. **Educação Química em Ponto de Vista**, Foz do Iguaçu, v. 2, n.1, 2018.

CONDÉ, M. L. L. Entre loucos e hereges: quem confia na ciência? In: Gurgel, I. (Ed.), **Por que confiar nas ciências?** Epistemologias para o nosso tempo (1-12). 1ª ed, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2023.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. **Questões Sociocientíficas**: Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. EDUFBA, 2018.

CORDEIRO; M. D.; L. O. Q. PEDUZZI. As conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.27, n. 3, p. 473-514, 2011a.

CORDEIRO; M. D.; L. O. Q. PEDUZZI. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período do inicial de desenvolvimento da radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p, 3601-10, 2011b.

COSTA, H. H. C.; LOPES, A. C. A contextualização do conhecimento no Ensino Médio: tentativas de controle do outro. **Educação & Sociedade**, v. 39, n. 143, p. 301-320, 2018.

COUTINHO, F. A.; MATOS, S. A.; SILVA, F. A. R. Aporias dentro do movimento ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. **Revista da SBEnBio**, n. 7, p. 2176-2185, 2014.

CRUZ, R. N. História e Historiografia da Ciência: considerações para a pesquisa histórica em análise do comportamento. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, v. 8, n. 2, p. 161-178, 2006.

CUPANI, A. Arrogância e desconfiança: sobre o valor da ciência. In: Gurgel, I. (Ed.), **Por que confiar nas ciências?** Epistemologias para o nosso tempo. 1ª ed., São Paulo: Editora Livraria da Física, 2023, p. 13-24.

CURIE, E. **Madame Curie**. Paris: Editions Gallimard, 393 p., 1937.

DAGHER, Z. R. Balancing the Epistemic and Social Realms of Science to Promote Nature of Science for Social Justice. In: YACOUBIAN, H. A.; HANSSON, L. (Eds.). **Nature of Science for Social Justice**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2020, p. 41-58.

DAGHER, Z. R.; ERDURAN, S. Laws and explanations in biology and chemistry: Philosophical perspectives and educational implications. In: MATTHEWS, M. (Ed.), **International handbook of research in history and philosophy for science and mathematics education**. Dordrecht: Springer, 2014, p. 1203-1233.

- DAGHER, Z. R.; ERDURAN, S. Reconceptualizing the nature of science for science education: Why does it matter? **Science & Education**, v. 25, p. 147–164, 2016.
- DAGNINO, R. P. (Org.). Amílcar Herrera: um intelectual latino-americano. Campinas: Unicamp/IG/DDCT, 2000.
- DAGNINO, R. P. Mais além da participação pública na ciência: buscando uma reorientação dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade em Ibero-américa. **CTS+I**, México, v. 7, 2006.
- DAGNINO, R. P. As Trajetórias dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e da Política Científica e Tecnológica na Ibero-América. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 2, p. 3-36, 2008b
- DAGNINO, R. P.; THOMAS, H.; DAVYT, A. El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. **REDES**, v.III, n.7, p. 13-52, 1996.
- DASTON, L.; GALISON, P. **Objectivity**. Nova Iorque: Zone Books, 501 p. 2007.
- DELIZOICOV, D.; AULER, D. Ciência, Tecnologia e Formação Social do Espaço: questões sobre a não-neutralidade. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 247-273, 2011.
- DIAS, R.; DAGNINO, R. A política científica e tecnológica brasileira: três enfoques teóricos, três projetos políticos. **Revista de Economia**, v. 33, n. 2, p. 91-113, 2007.
- DIAS, R. B. Um Tributo ao Pensamento Latino-Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS). **Revista Espaço Acadêmico (UEM)**, v. 90, p. 1-6, 2008.
- DIAS, R. B.; GUTIÉRREZ, E. A. El pensamiento latinoamericano en ciencia, tecnología y sociedad (PLACTS) contribuciones y aportes de Osvaldo Sunkel. **Revista 100-Cs**, v. 1, n. 2, p. 45-62, 2015.
- DIETHELM, P.; MCKEE, M. Denialism: what is it and how should scientists respond? **European Journal of Public Health**, v. 19, n. 1, p. 2-4, 2009.
- DIONOR, G. A.; CONRADO, D. M.; MARTINS, L.; NUNES-NETO, N. F. Análise de propostas de Ensino Baseado em QSC: Uma Revisão da Literatura na Educação Básica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 197-224, maio. 2020.
- DOS ANJOS, M. S.; CABO, L. Enfoque CTS e a atuação de professores de ciências. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 4, n. 3, p. 35-57, 2019.
- DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. **Young people's images of science**. Philadelphia: Open University Press, 1996.
- EILKS, I.; MARKS, R.; STUCKEY, M. Socio-scientific issues as contexts for relevant education and a case on tattooing in chemistry teaching. **Educ. quím**, v. 29, n. 1, p. 9-20, 2018.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o Ensino de História e Filosofia das Ciências na Educação Científica de Nível Superior. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino**. 1ed. São Paulo-SP: Editora Livraria da Física, 2006, v. 1, p. 3-21.

ERDURAN, S.; DAGHER, Z. R. **Reconceptualizing the nature of science for science education**: Scientific knowledge, practices and other family categories. Dordrecht: Springer, 2014, 312 p.

ERDURAN, S.; DAGHER, Z. R.; MCDONALD, C. V. Contributions of the family resemblance approach to nature of science in science education. **Science & Education**, v. 28, p. 311–328, 2019.

ERDURAN, S.; KAYA, E.; AVRAAMIDOU, L. Does Research on Nature of Science and Social Justice Intersect? Exploring Theoretical and Practical Convergence for Science Education. In: YACOUBIAN, H. A.; HANSSON, L. (Eds.). **Nature of Science for Social Justice**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2020, p. 97-113.

FARRELL, J Network structure and influence of the climate change counter-movement. **Nature Climate Change**, v. 6, p. 370–374, 2016.

FEENBERG, A. **Transforming technology**: Oxford University Press, 2002.

FONSECA, B. **O que é fact-checking?** Agência Publica, 2017. Disponível em: <https://apublica.org/cheragem/2017/06/truco-o-que-e-fact-checking/> Acesso em 19 jan. 2024.

FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

FREIRE, P. **Educação e mudança**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1979.

FREIRE, P. **Ação cultural para a liberdade**. 5. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 44. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2013.

FREIRE-JÚNIOR, O. A relevância da filosofia e da história das ciências para a formação de professores de ciências. In: **Epistemologia e Ensino de ciências**. SILVA-FILHO, W. J. (Ed.) – Salvador: Arcádia, 2002. p. 13 -30.

GALIETA, T.; LINSINGEN, I. V. Caracterização da produção acadêmica latino-americana sobre educação CTS e temáticas socioambientais nas Jornadas ESOCITE. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS**, v. 16, n. 47, p. 11-41, 2021.

GALLEGOS, M. Kuhn y la historiografía de la ciencia en el campo CTS. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS**, v. 8, n. 22, p. 153-177, 2013.

GANDOLFI, H. E. Teaching about nature of science in secondary education: a view from multicultural classrooms. **ASE International**, n. 2, p. 11-19, 2018.

GANDOLFI, H. E. In defence of non-epistemic aspects of nature of science: insights from an intercultural approach to history of science. **Cultural Studies of Science Education**, v. 14, 557-567, 2019.

GAON, S.; NORRIS, S. P. The undecidable grounds of scientific expertise: Science education and the limits of intellectual independence. **Journal of Philosophy of Education**, v. 35, p. 187-201, 2001.

GARCIA, P. M. P.; BONFIM, C. S.; GOMES, D. M. O(s) processo(s) de orientação: reflexões a partir de casos históricos e hipotéticos. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 16, n. esp. 1, p. 850-865, 2021.

GARCÍA-CARMONA, A. Naturaleza de la ciencia en noticias científicas de la prensa: análisis del contenido y potencialidades didácticas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 32, n. 3, p. 493-509, 2014.

GARCÍA-CARMONA, A. The non epistemic dimension, at last a key component in mainstream theoretical approaches to teaching the nature of science. **Science & Education**, online, 2024.

GASPARATOU, R. Understanding the sciences: a quasi-Wittgensteinian note on NOS. **Cultural Studies of Science Education**, v. 14, p. 577-586, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GIL-PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. São Paulo, **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIROUX, H. A. Alfabetização e a pedagogia do empowerment político. In: **Alfabetização: leitura do mundo, leitura da palavra** (6ª ed.). P. FREIRE; D. MACEDO (Ed.) – Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

GODULLA, A.; SEIBERT, D.; KLUTE, T. What Is Denialism? An Examination and Classification of Definitional Approaches and Relevant Actors. **Journalism and media**, v. 5, p. 135-147, 2024.

GOIS, E.; LIMA, N. W.; MORAES, A. G. Não tem saída fácil: tensão entre autonomia epistêmica e confiança na ciência como caminho para a Educação em Ciências Contemporânea. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 24(e49070), p. 1-64, 2024.

GOMES, S. **Relatório da OCDE mostra que brasileiros são os piores em identificar notícias falsas**. Jornal da USP, 2024. Disponível em:

<https://jornal.usp.br/radio-usp/relatorio-da-ocde-mostra-que-brasileiros-sao-os-piores-em-identificar-noticias-falsas/>. Acesso em 06 jul. 2024.

GOMES, S. R.; ZAMORA, M. H. Negacionismo: definições, confusões epistêmicas e implicações éticas. **Ciências & Educação (Bauru)**, v. 30, e24008, 2024.

GONZÁLEZ-GARCÍA, M. I.; LÓPEZ, L.; LÓPEZ-CEREZO, J. A. **Ciencia, tecnología y sociedad**: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Techos, 1996.

GOODWIN, W. Structure and Scientific Controversies. **Topoi**, v. 32, n. 1, p. 101–110, 2013.

GRAVES, L.; CHERUBINI, F. **The rise of fact-checking sites in Europe**. Oxford: Reuters Institute for the Study of Journalism, 2016.

GUERRA, A.; MOURA, C. B.; GURGEL, I. Sobre educação em ciências, rupturas e futuros (im)possíveis. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1010–1019, 2020.

GUERRA, A. O que podemos aprender com a ciência? In: Gurgel, I. (Ed.), **Por que confiar nas ciências?** Epistemologias para o nosso tempo (281-312). 1ª ed, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2023.

GURGEL, I. **Por que confiar nas ciências?** Epistemologias para o nosso tempo. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2023.

GUIMARÃES, C. C. Negacionismo científico: do debate epistemológico à luta de classes. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 20, e.00628185, 2022.

GUIMARÃES, C. Uma pesquisa nacional mostra que 79% dos brasileiros não conseguem entender um manual de instrução para usar aparelhos domésticos. *Época*, 2023. Disponível em: <https://epoca.globo.com/vida/noticia/2014/09/um-pais-de-banalfabetos-cientificosb.html> Acesso em 04 jul. 2024.

HAGSTROM, W. O. **The Scientific Community**. Nova Iorque, Basic Books, 320 p., 1965.

HANSSON, L. Teaching the limits of science with card sorting activities. In: MCCOMAS, W. F. (Ed.), **Nature of science in science instruction**: Rationales and strategies. Cham: Springer, 2020, p. 627-640.

HANSSON, L.; YACOUBIAN, H. A. Nature of Science for Social Justice: Why, What and How?. In: YACOUBIAN, H. A.; HANSSON, L. (Eds.). **Nature of Science for Social Justice**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2020, p. 1-21.

HARDWIG, J. Epistemic dependence. **Journal of Philosophy**, v. 82, n. 7, 335–349, 1985.

HENRIQUE, A. B. **Discutindo a Natureza da Ciência a partir de episódios da história da cosmologia**. 2011. 261 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

HODSON, D. Becoming part of the solution: Learning about activism, learning through activism, learning from activism. *In*: BENCZE, J. L.; ALSOP, S. (org.). **Activist science and technology education**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 67-98.

HODSON, D. Putting your Money Where your mouth is: towards na action-oriented science curriculum. **Journal Activist Science & Technology Education**, v. 1, p. 1-15, 2009a.

HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. *In*: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. (Org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 27-58.

HODSON, D. **Teaching and Learning about Science: Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values**. 1 ed. Rotterdam: Sense, 2009b, 440 p.

HODSON, D. Time for action: science education for an alternative future. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 6, p. 645-670, 2003.

HODSON, D.; WONG, S. L. Going Beyond the Consensus View: Broadening and Enriching the Scope of NOS-Oriented Curricula, **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, n. 1, p. 3-17, 2017.

HÖTTECKE, D.; ALLCHIN, D. Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. **Science Education**, v. 104, p. 641-666, 2022.  
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.21575>

INÊZ, T. G.; BRITO, B. P. L.; EL-HANI, C. N. A Model for Teaching About the Nature of Science in the Context of Biological Education. **Science & Education**, v. 32, p. 231-276, 2023.

IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of Science for Science education. **Science & Education**, v. 20, p. 591-607, 2011.

IRZIK, G.; NOLA, R. New Directions for Nature of Science Research. *In*: MATTHEWS, M. R. **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**, Nova Iorque: Springer, 2014. p. 999-1021.

JESUS, A. J. B. **Aspectos da natureza da ciência nos discursos de futuros professores de ciências frente a questões sociocientíficas**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Educação Matemática). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, PR, 2021. Recuperado de <https://tede.unioeste.br/handle/tede/5394>

JUSTI, R.; ERDURAN, S. Characterizing Nature of Science: A supporting model for teachers. *In*: IHPST 13rd Biennial Conference, 2015, Rio de Janeiro. IHPST 13rd Biennial Conference. **Accepted Papers...** 2015. p. 1-11.

KATO, M. **11 principais fake news sobre vacinas**. Revista Crescer, 2021. Recuperado de <https://revistacrescer.globo.com/Quem-ama-vacina/noticia/2021/09/11-principais-fake-news-sobre-vacinas.html>

KAYA, E.; ERDURAN, S. From FRA to RFN, or how the family resemblance approach can be transformed for science curriculum analysis on nature of science. **Science & Education**, v. 25, n. 9, p. 1115-1133, 2016.

KNORR-CETINA, K. D. The Ethnographic Study of Scientific Work: Towards a Constructivist Interpretation of Science. In: KNORR-CETINA, K. D.; MULKAY, M. (Eds.) **Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science**. Londres: Sage, 1983, p. 115-140.

KNORR-CETINA, K. D. **The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science**. Oxford: Pergamon Press, 1981.

KNORR-CETINA, K. D.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Tradução de Angela R. Vianna. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

KNORR-CETINA, K. D.; WOOLGAR, S. **Laboratory Life**. The Social Construction of Scientific Facts, Londres e Beverly Hills: Sage, 1979.

KNUUTTILA, T. Modelling and representing: An artefactual approach to model-based representation. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 42, n. 2, p. 262-271, 2011.

KOLSTØ, S. D. Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. **Science Education**, v. 85, n. 3, p. 291-310, 2001.

KOLSTØ, S. D.; BØE, M. V.; SKÅR, A. R. Nature of Science in Norway's Recent Curricula Reform. **Science & Education**, v. 32, p. 1561-1581, 2023.

KRASTEV, I.; LEONARD, M. **Europe's pandemic politics: How the virus has changed the public's worldview**. European Council on Foreign Relations, 2020.

Disponível em:

[https://ecfr.eu/publication/europes\\_pandemic\\_politics\\_how\\_the\\_virus\\_has\\_changed\\_the\\_publics\\_worldview/](https://ecfr.eu/publication/europes_pandemic_politics_how_the_virus_has_changed_the_publics_worldview/) Acesso em 13 jul. 2024.

KREIMER, P. Social Studies of Science and Technology in Latin America: A Field in the Process of Consolidation. **Science Technology & Society**, v. 12, n. 1., 2007.

KREIMER, P.; VESSURI, H.; VELHO, L.; ARELLANO, A. Introducción. In: KREIMER, P.; VESSURI, H.; VELHO, L.; ARELLANO, A. (Eds.). **El estudio social de la ciencia y la tecnología en América Latina: miradas, logros y desafíos**. Cidade do México: Siglo XXI, p. 7-27, 2014.

KRONBAUER, L. G. Arqueologia da conscientização (Arqueologia da consciência). In: STRECK, D. R.; REDIN, E.; ZITKOSKI, J. J. (Orgs.) **Dicionário Paulo Freire**, Belo Horizonte: Autêntica, p. 47, 2010.

KRUPCZAK, C.; AIRES, J. A. A natureza da ciência nas pesquisas sobre controvérsias sociocientíficas. **REDEQUIM** (Revista Debates em Ensino de Química), v. 7, n. 1, p. 310-327, 2021.

KUHN, T. **The structure of scientific revolutions**. Chicago: The University of Chicago Press, 1970.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. Traduzido por Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 5. ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 257 p., 1998.

KUHN, T. **A estrutura das Revoluções científicas**. Traduzido por Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 11. ed., São Paulo: Editora Perspectiva, 2011.

KUHN, T. O princípio da precaução e a autonomia da ciência. **Scientiae Studia**, v. 4, n. 3, 2006.

KUHN, T. **Valores e atividade científica 2**. São Paulo: Editora 34, 366 p., 2010.

LATOUR, B. **Para distinguir amigos e inimigos no tempo do Antropoceno**. Revista de antropologia, v. 57, n. 1, p. 11-31, 2014.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts**. Princeton: Princeton University Press, 294 p., 1979.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Traduzido por Angela Ramalho Vianna. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 310 p., 1997

LAUDAN, L. *et al.* Scientific change: Philosophical models and historical research. **Testing Theories of Scientific Change**, v. 69, p. 141-223, 1986.

LAUDAN, L. *et al.* Mudança científica: modelos filosóficos e pesquisa histórica. **Estudos Avançados**, v. 7, n.19, p. 7-89, 1993.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, Nova Jersey, v. 29, n. 4, p. 331- 359, 1992.

LEDERMAN, N. G.; O'MALLEY, M. Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. **Science & Education**, Nova Jersey, v. 74, p. 225–239, 1990.

LEDERMAN, N. G. *et al.* Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, Nova Jersey v. 39, n. 6, p. 331-359, 2002.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: past, present, and future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. **Handbook of Research on Science Education**. 1 ed. Abington: Routledge. 2007, p. 831-880.

LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S.; ANTINK, A. Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy.

**International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v. 1, n. 3, p. 138-147, 2013.

LEDERMAN, N. G.; BARTOS, S. A.; LEDERMAN, J. S. The development, use, and interpretation of nature of science assessments. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.), **International handbook of research in history, philosophy and science teaching**. Dordrecht: Springer, 2014, p. 971-997.

LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In: LEDERMAN, N. G.; ABELL, S. K. (Eds.), **Handbook of Research on Science Education**, Volume II. Nova Iorque: Routledge, 2014, p. 600-620.

LEDERMAN, N. G. La siempre cambiante contextualización de la naturaleza de la ciencia: documentos recientes sobre la reforma de la educación científica en los Estados Unidos y su impacto en el logro de la alfabetización científica, **Enseñanza de las ciencias**, v. 36, n. 2, p. 5-22, 2018.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; SMITH, M. U. Teaching nature of scientific knowledge to kindergarten through university students. **Science & Education**, v. 28, n. 3-5, p. 197-203, 2019.

LELO, T. V.; PACHI FILHO, F. Credibilidade em disputa no jornalismo digital: Estratégias discursivas das agências de fact-checking brasileiras vinculadas aos conglomerados de mídia. **Estud. mensaje period**, v. 27, n. 2, p. 531-541, 2021. <https://dx.doi.org/10.5209/esmp.71235>

LIMA, G. P.; SILVA, A. C. T.; SOUZA, D. N. Controvérsias sobre Vacinas: o que pensam os estudantes? **RBECM**, v. 4, n. 2, p. 646-669, 2021. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i2.11487>

LIMA, M. M., IBRAIM, S. S.; SANTOS, M. Análise de aspectos de Natureza da Ciência expressos por uma professora em formação inicial no contexto de uma disciplina de história da química. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, e24345, 2021.

LIMA, N. W.; VAZATA, P. A. V.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. L.; GUERRA, A. Educação em Ciências nos Tempos de Pós-Verdade: Reflexões Metafísicas a partir dos Estudos das Ciências de Bruno Latour. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 155–189, 2019. <http://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u155189>

LINHARES, E. REIS, P. Agir e sensibilizar: práticas de educação ambiental na formação inicial de professores. In: BRAVO GALÁN, J. L. (org.). **Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales**. Badajoz: Universidade de Badajozm 2016. p. 1557-1564.

LINSINGEN, I. V. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**. v. 1, 2007.

LISBÔA, R. A. M.; PESSOA JR., O. Concepções sobre verdade na ciência: visões filosóficas de professores de física do ensino superior. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 27, p. 45-52, 2015.

LOBO, S. R. O trabalho experimental no ensino de Química. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 430-434, 2012.

LOPES, N. C.; SANTOS, P. G. F. Formação de professores de ciências no contexto dos estudos CTS: o que dizem os trabalhos da América Latina da última década? In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 13, 2021, Caldas Novas. **Atas do XIII ENPEC...** Caldas Novas: ABRAPEC, 2021.

MACHADO, J.; RODRIGUES, M. G. É possível reabilitar o empirismo no Ensino de Ciências? Virtude pragmática sob a ótica antirrealista de Bas van Fraassen. **Ciência & Educação**, v. 28, e22039, 2022.

MARÍN, N. *et al.* Revisión de Consensos sobre Naturaleza de la Ciencia. **Revista de Educación**, n. 361, 2013.

MARQUES, R.; RAIMUNDO, J. A. O negacionismo científico refletido na pandemia da COVID-19. **Boletim de Conjuntura**, v. 7, n. 20, p. 67-78, 2021.

MARTÍNEZ, L. P. F.; LOZANO, D. L. P. La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. **Góndola**, v. 8, n. 1, p. 22–35, 2013.

MARTINS, R. A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, n. 7, p. 27-45, 1990.

MARTINS, A. F. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MARTINS, M.; JUSTI, R. Influências de uma situação controversa nas visões de alunos sobre Natureza da Ciência. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 11, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2017.

MARTINS, D. S.; GALIAZZI, M. C.; LIMA, C. A. O ensino de matemática para cegos no município do Rio Grande. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v.8, n.19, p. 889-918, 2020.

MASSARANI, L.; POLINO, C.; MOREIRA, I.; FAGUNDES, C.; CASTELFRANCHI, Y. **Confiança na ciência no Brasil em tempos de pandemia**. Rio de Janeiro: INCT-CPCT, 2022.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A.; SILVA, M. T. X. Revisitando a noção de “Método Científico”. **Revista Thema**, v. 15, n. 3, p. 905-926, 2018.

MATTHEWS, M. R. History, philosophy and science teaching: the present reaprochement. **Science & Education**, v. 1, n. 1, 11-48, 1992.

MATTHEWS, M. R. *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. Nova Iorque: Routledge, 1994.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência atual de Reaproximação. Tradução de Claudia Mesquita de Andrade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MATTHEWS, M. R. **Science, Worldviews and Education**. Berlim: Springer Science and Business Media. 2009. 335 p.

MATTHEWS, M. R. Changing the Focus: From Nature of Science to Features of Science. In: **Advances in Nature of Science Research**. 1ª ed. Dordrecht: Springer, 2012, p. 3-26.

MCCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The nature of science in international science education standards documents. In: MCCOMAS, W. F. (Ed.), **The nature of science in science education: Rationales and strategies**. Dordrecht: Kluwer, 1998, p. 4 -52.

MCCOMAS, W. F.; ALMAZORA, H.; CLOUGH, M. The Nature of Science in Science Education: an introduction. **Science & Education**, Nova Jersey, v. 7, n. 6, p. 511-532, 1998.

MEAD, M.; MÉTRAUX, R. Image of the Scientist among High-School Students: A Pilot Study. **Science**, Washington, v. 126, n. 3270, p. 384-90, 1957.

MELO, T. B.; AQUINO, D. F.; DIONYSIO, L. G.; LIMA, N. L.; VIDAL, C. S. CHRISPINO, A. Um olhar sobre controvérsias nas publicações nacionais de ensino CTS pela análise de redes sociais. **ALEXANDRIA (UFSC)**, v. 14, p. 357-381, 2021.

MERTON, R. K. The Matthew Effect in Science. **Science**, v. 159, p. 56-64, 1968.

MIGUEL, L. R.; VIDEIRA, A. A. P. A distinção entre os “contextos” da descoberta e da justificação à luz da interação entre a unidade da ciência e a integridade do cientista: o exemplo de William Whewell. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 4, n. 1, p. 33-48, 2011.

MIGUEL, M. L.; SANTOS, L. J.; SOUZA, L. A. M. Algumas percepções de estudantes do ensino médio sobre ciências, pseudociência e movimentos anticientíficos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n.1, p. 191-222, 2022.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000: science for the future**. London: King's College, 1998.

MONARI, A. C. P. **A autoridade epistêmica e a percepção pública sobre ciência e saúde na era da pós-verdade**. SCITE LAB Laboratório de Investigação, 2021. Recuperado de <https://citelab.uff.br/a-autoridade-epistemica-e-a-percepcao-publica-sobre-ciencia-e-saude-na-era-da-pos-verdade/>

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, jan. 2014.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. 3. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2016.

MOURA, C. B.; JAGER, I. T.; GUERRA, A. Teaching About Sciences in/for the Global South: Lessons from a Case Study in a Brazilian Classroom. In: YACCOUBIAN, H. A.; HANSSON, L. (Eds.). **Nature of Science for Social Justice**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2020, p. 137-155.

MORETTO, M. L. T.; BELTRAMMI, D. G.; DUNKER, C. **Negacionismo científico e movimento anti-vacina: efeitos na ética do cuidado**. [S. l.], 24 fev. 2021. 1 vídeo (2h03min) [Live]. YouTube. Publicado pelo canal *Conselho Regional de Psicologia de São Paulo*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GyhtMPTcJsU&t=4654s>. Acesso em 24 nov. 2024.

NASCIMENTO, T. G.; LINSINGEN, I. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o Ensino de Ciências. **Revista Convergencia** (Toluca), v. 13, n. 42, p. 95-116, 2006.

NORONHA, A. B. Considerations about the Presence of Nature of Science in Official Educational Documents: A Very Brief Comparison between DCN (Brazil) and NGSS (USA). **IJPCE - International Journal of Physics and Chemistry Education**, v. 10, n. 3, p. 67-69, 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **National Science Education Standards**. Washington: The National Academic Press, 272 p., 1996.

OLIVEIRA, M. B. Formas de autonomia da ciência. **Scientiae Studia**, v. 9, n. 3, p. 527-561, 2011.

OLIVEIRA, F. F. **Controvérsia Histórica**: uma possibilidade de problematização acerca de elementos de Natureza da Ciência no Ensino Médio. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2014.

OLIVEIRA, J. A. **Em quem e no que confiar?** Análise de conhecimento funcional de natureza da ciência de licenciandos em Química. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Ouro Preto, MG, 2021.

OLIVEIRA, L.; MAGALHÃES-JÚNIOR, C. A. O.; DARLINGTON, E. **Negacionismo da ciência e a pandemia de COVID-19**: notícias falsas/fake news e representações sociais. Ponta Grossa: Texto e Contexto, 97 p., 2023.

OLSON, J. K. The Inclusion of the Nature of Science in Nine Recent International Science Education Standards Documents. **Science & Education**, v. 27, p. 637-660, 2018.

ORESQUES, N. **Why trust science?** Princeton: Princeton University Press, 2021.

OSBORNE, J. SIMONE, S.; COLLINS, S. Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 9, 1049-1079, 2003.

OSBORNE, J. Going Beyond the Consensus View: A Response. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, n. 1, p. 53-56, 2017.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 184-196, 1996.

PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. **Science Education**, n. 95, p. 601-626, 2011.

PEREZ, L. F. **Questões Sociocientíficas na prática docente**: ideologia, autonomia e formação de professores. São Paulo: Editora Unesp, 2012.

PESSOA-JÚNIOR, O. **Filosofia & Sociologia da Ciência**. Aula ministrada na disciplina de HG-022 Epistemologia das Ciências Sociais do curso de Ciências Sociais da Unicamp a convite da profa. Fátima Évora. Campinas: UNICAMP, 1993.

PESSOA-JÚNIOR, O. Conciliando a neutralidade e a carga teórica das observações. In: MARTINS, R. A.; BOIDO, G.; RODRIGUEZ, V. (Eds.) **History and Philosophy of Physics in the South Cone**. Rickmansworth: College Publications, 2013, p. 143-148.

LORENZANO *et al.* (Eds.), **Filosofia e Historia de la Ciencia en el Cono Sur**. Córdoba: AFHIC, 2016, p. 143-148.

PIZARRO, M. 'Chicana/o Power!'<sup>1</sup> Epistemology and methodology for social justice and empowerment in Chicana/o communities. **International Journal of Qualitative Studies in Education**, v. 11, n. 1, p. 57-80, 1998.

PORTELA, S. I. C; LARANJEIRAS, C. C. O estudo de casos históricos como estratégia de articulação da dimensão cultural da ciência na sala de aula. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 5, 2005, Bauru. **Atas do V ENPEC...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

MARTINS, M.; JUSTI, R. Influências de uma situação controversa nas visões de alunos sobre Natureza da Ciência. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 11, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2017.

POCHMANN, M.; AMORIM, R. (Orgs.). **Atlas da exclusão social no Brasil**. São Paulo: Cortez, 2003.

POPPER, K. R. The demarcation between science and metaphysics. In: SCHILPP, P. A. (Ed.), **The Philosophy of Rudolf Carnap**. La Salle: Open Court, 1963.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

PRSYBYCIEM, M. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; MIQUELIN, A. F. Ativismo sociocientífico e questões sociocientíficas no ensino de ciências: e a dimensão tecnológica. **Ciência e Educação (Bauru)**, v. 27, e21062, 2021.

RAICIK, A. C. *et al.* A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências. **Exp. em Ensino de Ciências**, v.13, n.1, p. 42-62, 2018.

RAO, T. S. S.; ANDRADE, C. The MMR vaccine and autism: Sensation, refutation, retraction, and fraud. **Indian J Psychiatry**, v. 53, n. 2, p. 95–96, 2011.

REIS, P. Cidadania ambiental e ativismo juvenil. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 11, n. 2, p. 5-24, 2021b.

REIS, P. **Controvérsias sociocientíficas: discutir ou não discutir?** Percursos de aprendizagem na disciplina de ciências da terra e da vida. 2004. Tese (Doutorado em Educação) – Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004.

REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sociocientíficas: uma questão de cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013.

REIS, P. Desafios à educação em ciências em tempos conturbados. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, e21000, 2021a.

REIS, P. Environmental citizenship and youth activism. *In*: HADJICHAMBIS, A. *et al.* (ed.). **Conceptualizing environmental citizenship for 21st century education**. Cham: Springer, 2020. p. 139-148.

REIS, P. Promoting students' collective socio-scientific activism: Teacher's perspectives. *In*: ALSOP, S.; BENCZE, L. (ed.). **Activism in science and technology education**. London: Springer, 2014. p. 547-574.

REIS, P.; TINOCA, L. A. F. A avaliação do impacto do projeto “we act” nas percepções dos alunos acerca das suas competências de ação sociopolítica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 214-232, 2018.

RODA, R.; MARTINS, R. A. Uma disputa sobre o sentido da natureza da ciência: uma análise da crítica de Michael Matthews à visão consensual de Norman Lederman. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 27, e21060, 2021.

ROLLEMBERG, D.; CORDEIRO, J. M. Revisionismo e negacionismo: controvérsias. **História, histórias**, v. 9, n. 17, p. 58-98, 2021.

ROSA, S. E.; STRIEDER, R. B. Não Neutralidade da Ciência-Tecnologia: verbalizações necessárias para potencializar a constituição de uma cultura de participação. **Linhas Críticas**, v.25, p.124-149, 2019.

ROSA, S. E.; STRIEDER, R. B. Perspectivas para a Constituição de uma Cultura de Participação em Temas Sociais de Ciência-Tecnologia 2021. **RBPEC**, v. 21, p. 1-27, 2021a.

ROSA, S. E.; STRIEDER, R. B. Culturas de participação em práticas educativas brasileiras. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnologia y Sociedad**, v. 16, n. 47, p. 71-94, 2021b.

ROSA, G. M.; SILVA, F. R.; FLASCH, K. A. Educação Ambiental na educação escolar e a responsabilidade social: desafios e possibilidades nas questões ambientais. **Revbea**, v.16, n.5, p. 411-430, 2021.

ROSO, C. C.; AULER, D. A participação na construção do currículo: práticas educativas vinculadas ao movimento CTS. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 22, n. 2, p. 371-389, 2016.

RUDGE, D. W.; HOWE, E. M. Whither the VNOS? In: SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. B. (Orgs.) **Aprendendo ciência e sobre sua natureza**: abordagens históricas e filosóficas. São Carlos: Tipographia Editora Expressa, 2013, p. 225-234.

SÁBATO, J.; MACZENZIE, M. **La producción de tecnología**: autónoma o transnacional. Santiago: Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales, 289 p., 1982.

SADLER, T.; ZEIDLER, D. L. Patterns of informal reasoning in the context of genetic engineering dilemmas. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 42, p. 112-138, 2005.

SADLER, T.; DAWSON, V. Socio-scientific Issues in Science Education: Contexts for the Promotion of Key Learning Outcomes. In: ABELL, S.; LEDERMAN, N. (Eds.) **Handbook of research on science education**. Routledge: Chapter 53, p. 799-809, 2012.

SALGADO, C. Negacionismo: conceito, prática e reação. In: BISPO, T. (Ed.). **Renascença**. Política Externa Pós-Bolsonarista. São Paulo: Diplomacia para Democracia, 2022, p. 90-100.

SANTINI, R. M.; BARROS, C. E. Negacionismo climático e desinformação online: uma revisão de escopo. **Liinc em Revista**, v. 18, n. 1, e5948, 2022.

SANTOS, M. E. V. M. **A cidadania na voz dos manuais escolares**. Lisboa: Livros Horizonte, 2001.

SANTOS, R. A.; ROSA, S. E.; AULER, D. F A não neutralidade da ciência-tecnologia em abordagens CTS no contexto brasileiro. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 9, 2013, Águas de Lindóia. **Atas do IX ENPEC...** Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013.

SANTOS, M. Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, 641-668, 2018. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018182641>

SANTOS, M. Uso da História da Ciência para Favorecer a compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 641-668, 2018.

SANTOS, M.; MAIA, P.; JUSTI, R. Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para analisar tais Contextos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, p. 581-616, 2020.

SANTOS, R. A.; AULER, D. Busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência Tecnologia na Sociedade: sinalizações de práticas educativas CTS. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., Florianópolis, **Anais...** Florianópolis, 2017.

SANTOS, R. A.; AULER, D. Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade. **Ciência e Educação (Bauru)**, v. 25, n. 2, p. 485-503, 2019.

SANTOS, S. P.; LEÃO, M. F. Perspectivas CTS na contraposição ao negacionismo científico: investigando estudos de 2011 a 2021. **Revista Intersaberes**, v. 19, e24tl4012, 2024.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência e Educação (Bauru)**, v.7, n.1, p.95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, 2002.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, p. 474-492, 2007.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

SANTOS, W. L. P. Significados da Educação Científica com Enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Org.). **CTS e Educação Científica: Desafios, Tendências e Resultados de Pesquisas**. Brasília: Editora UnB, 2011. p. 21-47.

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 9, n. 17, p.49-62, 2012.

SANTOS, W. L. P.; SILVA, K. M. A.; SILVA, S; M. B. Perspectivas e desafios de estudos de QSC na educação científica brasileira. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. (Org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 427-452.

SARTORI, J. Ativismo. In: STRECK, D. R.; REDIN, E.; ZITKOSKI, J. J. (Org.). **Dicionário Paulo Freire**. 2. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2010, p. 100-101.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula**. 2008. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SCHEINER, S. M. Toward a conceptual framework for biology. **The Quarterly Review of Biology**, v. 85, n. 3, p. 293-318, 2010.

SCHNETZLER, R. P.; SANTOS, W. L. P. dos. **Educação em Química: Compromisso com a Cidadania**. 4 ed. Porto Alegre: UNIJUI, 2010.

SCHWAN, G.; SANTOS, R. A. Pressupostos freireanos, CTS e PLACTS no Ensino de Ciências: aproximações e distanciamentos. **Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 9, n. 3, e21084, 2021.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F. A Series of Misrepresentations: A Response to Allchin's Whole Approach to Assessing Nature of Science Understandings. **Science Education**, v. 96, n. 4, p. 685-692, 2012.

SEGRÈ, E. **Dos raios X aos quarks**. Físicos modernos e suas descobertas. Brasília: Editora da UnB, 1987.

SEIBT, T.; FONSECA, V. P. S. Transparência como princípio normativo do jornalismo: a prática de *fact-checking* no Brasil. **Comunicação Pública**, v. 14, n. 27, 1-15, 2019. <https://doi.org/10.4000/cp.4806>

SELBY, D. E. Education for Sustainable Contraction as Appropriate Response to Global Heating. In: BENCZE, J.; ALSOP, S. (Eds.) **Activist Science and Technology Education**. Dordrecht: Springer, 2014, p. 165-182.

SERTLER, E. Epistemic Dependence and Oppression: A Telling Relationship. **Episteme**, v. 19, n. 3, 394-408, 2022. <http://dx.doi.org/10.1017/epi.2020.34>

SILVA, J. L. J. C. **Natureza da Ciência em Manuais Escolares de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia: imagens veiculadas e operacionalização na perspectiva de professores e alunos**. 2007. Tese (Doutorado em Metodologia do Ensino das Ciências). Universidade do Minho, Braga, 2007.

SILVA, Y. L. O.; FARO, R. M.; SILVA, P. R.; LIMA, A.; MARTINS, I. Questões sociocientíficas no ensino de ciências: um exemplo baseado na análise da abordagem do tema “sociedade de consumo” no livro didático de química. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, 2015, Águas de Lindóia. **Anais eletrônicos...** Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.

SILVA, S. G.; LIMA-JUNIOR, P. A democracia nas revistas de ensino de ciências no Brasil. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 11, 2017, Florianópolis. **Atas do XI ENPEC...** Florianópolis: ABRAPEC, 2017.

SILVA-PEÑA, I. Formación docente para la Justicia Social en un Chile desigual. In: SILVA-PEÑA, Ilich; DINIZ-PEREIRA, Júlio E.; ZEICHNER, Ken. **Justicia social. La dimensión olvidada de la formación docente**. Santiago de Chile: Mutante Editores, 2017, p. 121-144.

SILVEIRA, F. L. da. A Filosofia da Ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, 197-218, 1996.

SITZE, A. Denialism. **The South Atlantic Quarterly**, v. 103, n. 4, 769-811, 2004.

SOARES, V. P.; SILVA, R. R. Utilização de um texto de divulgação científica sobre vacinação: uma proposta para o ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 2, 11-25, 2021.

SOU CIÊNCIA. **Confiança em vacinação segue firme no Brasil, mas é afetada por política, educação e renda**. Centro de Estudos, Sociedade, Universidade e Ciência (UNIFESP), 2023. Recuperado de <https://souciencia.unifesp.br/destaques/sociedade-fala/confianca-em-vacinacao-segue-firme-no-brasil-mas-e-afetada-por-politica-educacao-e-renda>

SOUSA, P. B.; GEHLEN, S. T. Questões sociocientíficas no ensino de ciências: algumas características das pesquisas brasileiras. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p.1-22, 2017.

SPINELLI, E. M.; SANTOS, J. A. **Jornalismo na era da pós-verdade: fact-checking como ferramenta de combate às fake news**. Revista Observatório, v. 4, n. 3, 759–782, 2018. <https://doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2018v4n3p759>

STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas**. 2012, 283 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

STRIEDER, R. B.; SILVA, K. M. A.; SOBRINHO, M. F.; SANTOS, W. L. P. A educação CTS possui respaldo em documentos oficiais brasileiros? **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 1., n. 1, p. 87-107, 2016.

STRIEDER, R. B.; KAWAMURA, M. R. Educação CTS: Parâmetros e Propósitos Brasileiros. **R. Educ. Ci. Tec.**, v. 10, n. 1, p. 27-56, 2017.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE-Jr, O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência e Educação (Bauru)**, v. 15, n. 3, 2009.

THOMAS, H. Los estudios sociales de la tecnología en América Latina. **Íconos**. Revista de Ciencias Sociales, n. 37, p. 35-53, 2010.

TIENGO, R. **Conteúdo falso antivacina cresce 131% em rede social com início da imunização contra Covid, aponta projeto ligado à USP**. G1, 2021. Recuperado de <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2021/02/26/conteudo-falso-anti-vacina-cresce-131percent-em-rede-social-com-inicio-da-imunizacao-contr-covid-aponta-projeto-ligado-a-usp.ghtml> Acesso em 12 jan. 2024.

TOMA, R. B. Comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia y valoración de su dimensión social. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 17, n. 2, 2020.

TOWSE, P. J. Editorial. **International Newsletter on Chemical Education - IUPAC**, n. 2, p. 2-3, 1986.

TROIANO, G.; NARDI, A. Vaccine hesitancy in the era of COVID-19. **Public Health**, v. 194, p. 245-251, 2021.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). Declaração sobre a ciência e o uso do Conhecimento Científico. Versão adotada pela Conferência Budapeste, 1 de julho de 1999, 23 p.

UPAHI, J. E.; RAMNARAIN, U.; ISHOLA, I. S. The Nature of Science as Represented in Chemistry Textbooks Used in Nigeria. **Research in Science Education**, v. 50, p. 1321-1339, 2020.

USCINSKI, J. E.; BUTLER, R. W. The Epistemology of Fact Checking. **Critical Review**, v. 25, n.2, p. 162-180, 2013. <https://doi.org/10.1080/08913811.2013.843872>

VACCAREZZA, L. S. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina, **Revista Iberoamericana de Educación**, n.18 - Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la Educación, 1998.

VALIM, P.; AVELAR, A. S.; BEVERNAGE, B. Negacionismo: história, historiografia e perspectivas de pesquisa. **Revista Brasileira de História**, v. 41, n. 97, 2021.

VARSAVSKY, O. **Ciencia, política y científicismo**. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina, 1969.

VÁZQUEZ-ALONSO, A.; DÍAZ, J. A. A.; MAS, M. A. M. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 34, n. 2, p. 1-36, 2004

VÁZQUEZ-A.; CARMONA, G., A. G.; MANASSERO, M. M. A.; BENNÀSSAR, R. A. Spanish students' conceptions about NOS and STS issues: A diagnostic study. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 10, n. 1, p. 33-45, 2014.

VERASZTO, E. V.; SILVA, D.; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Prisma.com**, n. 8, p. 19-46, 2009.

VESSURI, H. De la transferencia a la creatividad. Los papeles culturales de la ciencia en los países subdesarrollados. In: IBARRA, A.; CERESO, J. A. L. **Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad**. Madrid: Biblioteca Nueva/OEI, 2001

VIDEIRA, A. A. P. É a ciência, enquanto tal, confiável? In: GURGEL, I. (Ed.), **Por que confiar nas ciências?** Epistemologias para o nosso tempo 1ª ed., São Paulo: Editora Livraria da Física, 2023, p. 57-80.

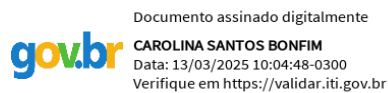
- VILELA, M. L.; SELLES, S. E. É possível uma Educação em Ciências crítica em tempos de negacionismo científico? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 7, n. 3, 1722-1747, 2020. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1722>
- WALKER, K. A.; ZEIDLER, D. L. Promoting Discourse about Socioscientific Issues through Scaffolded Inquiry. **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 11, p. 1387-1410, 2007.
- WILSON, L. A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society. **Science Education**, v. 38, n. 2, p. 236–242, 1954.
- WIRTÉN, E. V. The Pasteurization of Marie Curie: A (meta)biographical experiment. **Social Studies of Science**, v. 45, n. 4, p. 597-610, 2015.
- WITTGENSTEIN, L. **Philosophical investigations**. Blackwell: Oxford, 1958, 592 p.
- YACOUBIAN, H. A. Scientific literacy for democratic decision-making. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 3, p. 308-327, 2018.
- YEH, Y. F.; ERDURAN, S.; HSU, Y. S. Investigating Coherence About Nature of Science in Science Curriculum Documents. Taiwan as a Case Study. **Science & Education**, v. 28, p. 291-310, 2019.
- YUN, A.; SHI, C.; JUN, B. G. Dealing with Socio-Scientific Issues in Science Exhibition: a Literature Review. **Research in Science Education**, v. 52, p. 99-110, 2022.
- ZAJDA, J.; MAJHANOVICH, S.; RUST, V. Education and social justice: Issues of liberty and equality in the global culture. In: ZAJDA, S.; MAJHANOVICH, V. RUST; E. M. SABINA (Eds.). **Education and social justice**. Dordrecht: Springer, 2006, p. 1-12
- ZAUITH, G.; HAYASHI, M. C. P. I. A influência de Paulo Freire no ensino de ciências e na educação CTS: uma análise bibliométrica. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, SP, v. 13, n. 49, p. 267–293, 2013.
- ZEICHNER, K. M. Formação de professores para a justiça social em tempos de incerteza e desigualdades crescentes. In: DINIZ-PEREIRA, J. E.; ZEICHNER, K. M. **Justiça social: desafios para a formação de professores**. Belo Horizonte: Autêntica, 2008, p. 11-34.
- ZEIDLER, D. L.; NICHOLS, B. H. Socioscientific Issues: Theory and Practice. **Journal of Elementary Science Education**, v. 21, n. 2, pp. 49-58, 2009.
- ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; SIMMONS, M. L.; HOWES, E. V. Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. **Science Education**, v. 89, n. 3, p. 357-377, 2005. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>

## DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE DE TESE DE DOUTORADO

Declaro que a presente tese é original, elaborada especialmente para este fim, não tendo sido apresentada para obtenção de qualquer título e que identifico e cito devidamente todas as autoras e todos os autores que contribuíram para o trabalho, bem como as contribuições oriundas de outras publicações de minha autoria.

Declaro estar ciente de que a cópia ou o plágio podem gerar responsabilidade civil, criminal e disciplinar, consistindo em grave violação à ética acadêmica.

Brasília, 14 de fevereiro de 2025.



Assinatura da discente: \_\_\_\_\_

Programa: Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC-UnB)

Nome completo: Carolina Santos Bonfim

Título do Trabalho: (DES)ENLACES ENTRE EDUCAÇÃO CTS E NATUREZA DA CIÊNCIA PARA DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS

Nível: ( ) Mestrado (x) Doutorado

Orientadora: Roseline Beatriz Strieder